



TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISA TEGANGAN *RISER CLAMP* ULA *PLATFORM* MILIK PHE-ONWJ
(PERTAMINA HULU ENERGI - *OFFSHORE NORTH WEST JAVA*)

IKA DESITA SARININGSIH

NRP. 4311100006

Dosen Pembimbing

Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

Ir.Imam Rochani, M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT - MO 141326

*RISER CLAMP STRESS ANALYSIS ULA PLATFORM OWNED BY PHE-ONWJ
(PERTAMINA HULU ENERGI - OFFSHORE NORTH WEST JAVA)*

IKA DESITA SARININGSIH

NRP. 4311100006

Supervisors :

Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

Ir.Imam Rochani, M.Sc

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2015

**ANALISA TEGANGAN *RISER CLAMP* ULA *PLATFORM* MILIK PHE-
ONWJ (PERTAMINA HULU ENERGI – *OFFSHORE NORTH WEST*
JAVA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

IKA DESITA SARININGSIH

NRP. 4311100006

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D..... (Pembimbing 1)

2. Ir. Imam Rochani, M.Sc..... (Pembimbing 2)



SURABAYA, 3 Agustus 2015

ANALISA TEGANGAN RISER CLAMP ULA PLATFORM MILIK PHE- ONWJ (PERTAMINA HULU ENERGI – OFFSHORE NORTH WEST JAVA)

Nama Mahasiswa : Ika Desita S
NRP : 4311100006
Jurusan : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D
Ir. Imam Rochani, M.Sc

ABSTRAK

ULA *platform* merupakan struktur *jacket* baru yang kan dioperasikan di laut jawa tepatnya pada barat laut. Struktur ini didesain untuk mencapai produksi minyak sebesar 2200 BOPD dan gas 10 MMSCFD. Untuk menunjang produksi tersebut, maka membutuhkan fasilitas produksi seperti *riser*. Dalam desain *riser* hal yang perlu diperhatikan adalah *riser clamp*. *Riser clamp* merupakan salah satu bagian yang vital dalam struktur *jacket*. *Riser clamp* adalah sutau alat yang digunakan dalam penyambungan *riser* dengan struktur. Kekuatan riser clamp sangat berpengaruh ketika struktur beroperasi. Tegangan yang diperoleh *riser clamp* akan mempengaruhi kekuatan dari *riser clamp* dan juga *brace* yang menghubungkan riser clamp dengan struktur yang pada akhirnya mempengaruhi juga kekuatan *brace* pada struktur itu sendiri. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan kajian mengenai analisa tegangan riser clamp pada ULA *Platform* menggunakan *software* Autopipe untuk mengetahui beban-beban yang terjadi pada *riser clamp* serta menggunakan *software* Ansys untuk mengetahui tegangan maksimumnya. Tegangan *Von Misses* maksimum yang terjadi pada *Riser Clamp* yaitu sebesar 628 MPa dengan SMYS 720 MPa maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,872. Sedangkan untuk *bracing clamp*nya tegangan *Von Misses* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 225 MPa maka maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,313. Nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi pada *riser clamp* serta pada *bracing clamp* nilainya masih dibawah 1(satu), maka struktur *clamp* tersebut aman.

Kata Kunci : ULA *Platform*, *riser clamp*, *bracing clamp*, Tegangan *VonMisses*, *Unity Check*.

**RISER CLAMP STRESS ANALYSIS ULA PLATFORM OWNED BY
PHE-ONWJ (PERTAMINA HULU ENERGI – OFFSHORE NORTH WEST
JAVA)**

| | |
|--------------------|--|
| Name | : Ika Desita S |
| NRP | : 4311100006 |
| Departement | : Teknik Kelautan FTK - ITS |
| Supervisors | : Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D Ir. Imam Rochani, M.Sc |

ABSTRACT

ULA platform is a new jacket structure operated in the north-west of the Java sea. This structure is designed to achieve oil and gas production for 2200 BOPD and 10 MMSCFD . To support the production, it requires facilities such as the riser. One important thing in the design of riser is the riser clamp. Riser clamp is a vital part in jacket structure. Riser clamp is used to support riser system. Strength of riser clamp had influencing the structure. Stress of riser clamp will affect the strength of the riser clamp and the bracing clamp, especially for jacket brace. In this final project will be studied the riser clamp stress analysis on ULA platform with Autopipe software for global analyis and Ansys software to determine the maximum stress. The total maximum Von Misses stress at the Riser Clamp is 628 MPa with the material SMYS is 720 MPa , so Unity Check (UC) is 0.872. As for bracing clamp , maximum of Von Misses stress is 225 MPa with the material SMYS is 720 MPa, so the Unity Check (UC) is 0,313. The Value of Unity Check (UC) at the riser clamp and the bracing clamp are less than 1 (one), so the clamp structure is secure.

Key words : ULA Platform, riser clamp, bracing clamp, VonMisses stress, Unity Check.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul “**ANALISA TEGANGAN *RISER CLAMP* ULA *PLATFORM* MILIK PHE-ONWJ (PERTAMINA HULU ENERGI – *OFFSHORE NORTH WEST JAVA*)**”, disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Jurusan Teknik Kelautan (JTK), Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas akhir ini mengkaji tentang analisa tegangan maksimum pada *riser clamp* serta *bracing clamp*nya berupa *unity check* guna mengetahui pengaruh struktur *clamp* terhadap *jacket*. Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| ABSTRAK..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR NOTASI..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Manfaat | 2 |
| 1.5 Batasan Masalah | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka..... | 5 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 6 |
| 2.2.1 Kondisi Pembebanan | 6 |
| 2.2.2 Jenis-jenis Pembebanan | 7 |
| 2.2.3 Teori Tegangan pada Pipa..... | 8 |
| 2.2.3.1 Tegangan Hoop..... | 9 |
| 2.2.3.2 Tegangan Longitudinal..... | 9 |
| 2.2.3.3 Tegangan Kombinasi (<i>Von Mises</i>) | 11 |
| 2.3 Beban Gelombang | 11 |
| 2.3.1 Penentuan Teori Gelombang..... | 12 |
| 2.3.2 Teori Gelombang Stokes..... | 13 |
| 2.3.3 Perhitungan Kecepatan Arus | 15 |
| 2.4 Metode Elemen Hingga | 16 |
| 2.5 Tegangan <i>Von Misses</i> Pada Ansys | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Metode Penelitian | 19 |
| 3.2 Prosedur Penelitian | 20 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | 25 |
| 4.1 Analisa Data Riser..... | 25 |
| 4.1.1 Data umum riser | 25 |
| 4.1.2 Data Lingkungan..... | 25 |
| 4.1.3 Data <i>flange</i> dan <i>bolt</i> | 29 |
| 4.2 Analisa Hasil Pemodelan..... | 30 |
| 4.2.1 Analisa Beban <i>Riser Clamp</i> | 30 |
| 4.2.2 Analisa Tegangan <i>Riser</i> | 32 |
| 4.2.3 Analisa Hasil Pemodelan <i>Riser Clamp</i> menggunakan <i>Software</i> Ansys..... | 34 |
| 4.2.3.1 <i>Meshing Sensitivity Analysis</i> | 35 |
| 4.3 Verifikasi dan Validasi..... | 40 |
| BAB V PENUTUP | 41 |
| 5.1 Kesimpulan | 41 |
| 5.2 Saran..... | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN A Input Outopipe | |
| LAMPIRAN B Output Outopipe | |
| LAMPIRAN C Drawing Riser Clamp | |
| BIODATA PENULIS | |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tegangan ijin pada masing-masing kondisi operasi | 8 |
| Tabel 2.2 Faktor desain untuk sistem <i>offshore pipeline</i> | 11 |
| Tabel 2.3. Parameter profil gelombang | 14 |
| Tabel 2.4 Parameter Kecepatan | 15 |
| Tabel 2.5 Parameter frekuensi dan tekanan | 15 |
| Tabel 3.1 Data proses <i>riser</i> | 20 |
| Tabel 3.2 Data <i>riser</i> | 20 |
| Tabel 3.3 Kedalaman | 21 |
| Tabel 3.4 Pasang surut | 21 |
| Tabel 3.5 Data Perairan | 21 |
| Tabel 3.6 Data Tanah | 21 |
| Tabel 3.7 Data Gelombang | 21 |
| Tabel 3.8 Data Arus | 22 |
| Tabel 3.9 Data Koeffesien Hidrodinamika | 22 |
| Tabel 4.1 Data Umum Riser | 25 |
| Tabel 4.2 Data Gelombang | 26 |
| Tabel 4.3 Data pasang surut | 28 |
| Tabel 4.4 Data arus | 29 |
| Tabel 4.5 Data tanah | 29 |
| Tabel 4.6 Data <i>flange</i> dan <i>bolt</i> pada <i>riser clamp</i> | 29 |
| Tabel 4.7 Gaya Maksimum Pada <i>Riser Clamp</i> | 31 |
| Tabel 4.8 Momen Maksimum Pada <i>Riser Clamp</i> | 31 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.9 Tegangan yang diijinkan pada kondisi operasi | 32 |
| Tabel 4.10 Tegangan yang diijinkan pada kondisi <i>hydrotest</i> | 33 |
| Tabel 4.11 Tegangan Maksimum Pada <i>Riser</i> | 33 |
| Tabel 4.12 Hasil Tegangan <i>Von Misses</i> Maksimum..... | 40 |
| Tabel 4.13 Verifikasi Hasil Pemodelan dengan Data Proyek | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Peta Lokasi ULA <i>Platform</i> | 1 |
| Gambar 2.1 <i>Guide Clamp</i> ULA <i>platform</i> | 6 |
| Gambar 2.2 <i>Hoop Stress</i> pada pipa | 9 |
| Gambar 2.3 <i>Longitudinal Stress</i> pada pipa | 11 |
| Gambar 2.4 Grafik <i>Region of Validity of Wave Theories</i> | 12 |
| Gambar 2.5 Kecepatan efektif pada pipa | 16 |
| Gambar 3.1 Flowchart | 19 |
| Gambar 4.1 Grafik <i>region of validity of wave theories</i> untuk kondisi operasi | 27 |
| Gambar 4.2 Grafik <i>region of validity of wave theories</i> untuk kondisi <i>hydrotest</i> | 28 |
| Gambar 4.3 Model <i>Riser</i> dan <i>Spool</i> pada <i>Software</i> Autopipe | 30 |
| Gambar 4.4 Direksi <i>Riser Clamp</i> | 32 |
| Gambar 4.5 Model <i>Riser Clamp</i> pada Autocad 3D | 35 |
| Gambar 4.6 <i>Meshing Default</i> dari Ansys 15.0 | 36 |
| Gambar 4.7 <i>Meshing</i> dengan <i>Size Soft</i> | 36 |
| Gambar 4.8 <i>Meshing</i> dengan <i>Size Rough</i> | 37 |
| Gambar 4.9 Model <i>Riser Clamp</i> serta Pembebananya pada Ansys 15 | 37 |
| Gambar 4.10 Hasil Tegangan <i>Von Misses</i> <i>Riser Clamp</i> dengan <i>Meshing Default</i> . 38 | |
| Gambar 4.11 Hasil Tegangan <i>Von Misses</i> <i>Riser Clamp</i> dengan <i>Meshing Soft</i> | 38 |
| Gambar 4.12 Hasil Tegangan <i>Von Misses</i> <i>Riser Clamp</i> dengan <i>Meshing Rough</i> .. | 39 |
| Gambar 4.13 Detail lokasi Tegangan <i>Von Misses</i> Maksimum pada <i>Riser Clamp</i> .. | 39 |

DAFTAR NOTASI

P_i = Disain tekanan internal (Psi)

D = Diameter luar pipa (in)

t = Tebal pipa nominal (in)

E = *Modulus Young* (MPa)

T_i = Temperatur instalasi ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = Temperatur operasi ($^{\circ}\text{C}$)

ν = *Poisson ratio* = 0.3

σ_h = *Hoop Stress* (Psi)

α = Koefisien ekspansi termal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

σ_E = Tegangan ekivalen Von Mises (MPa)

σ_L = Tegangan longitudinal (MPa)

H = Tinggi gelombang (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

T = periode gelombang (s)

d = kedalaman perairan (m)

U_D = Kecepatan partikel air (m/s)

Z_o = Parameter kekasaran *seabed*

Z_r = Ketinggian diatas *seabed*

U_r = kecepatan arus (m/s)

σ_x = tegangan normal sumbu x (Pa)

σ_y = tegangan normal sumbu y (Pa)

σ_z = tegangan normal sumbu z (Pa)

τ_{xy} = tegangan geser bidang yz (Pa)

τ_{yz} = tegangan geser bidang zx (Pa)

τ_{zx} = tegangan geser bidang xy (Pa)

F_x = Gaya dalam sb x

F_y = Gaya dalam sb y

F_z = Gaya dalam sb z

M_x = Momen dalam sb x

M_y = Momen dalam sb y

M_z = Momen dalam sb z

N = Newton

KN = Kilo Newton

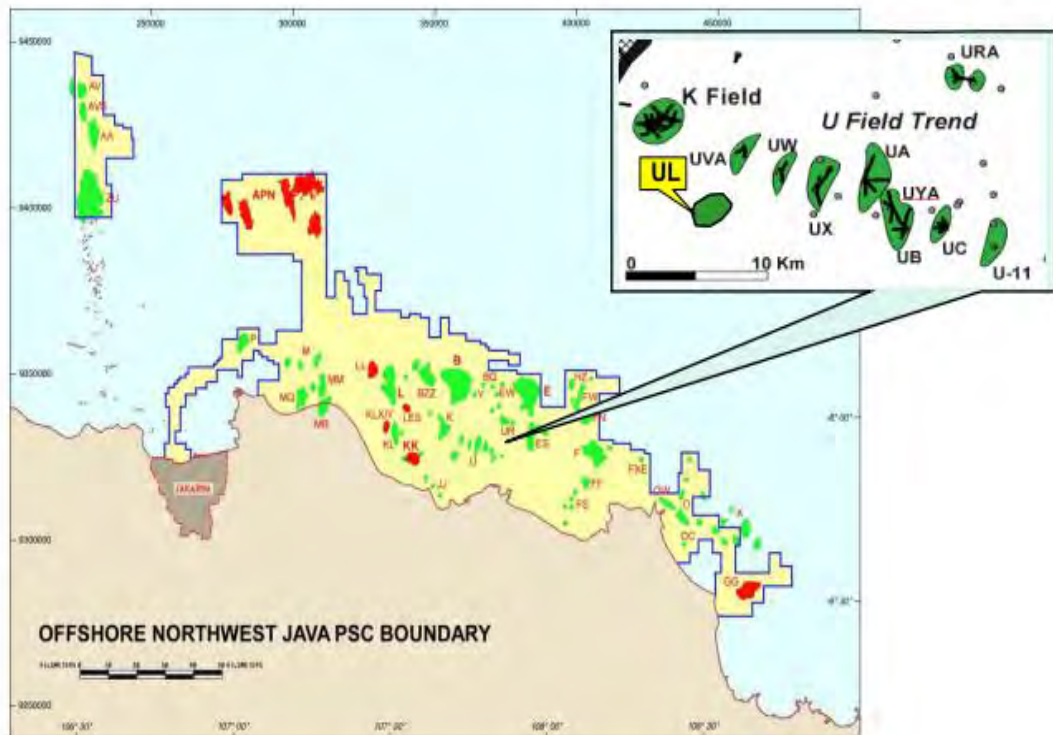
MPa = Mega Pascal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Wellhead platform ULA adalah *jacket platform* baru yang dimiliki oleh Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (PHE ONWJ) yang beroperasi di Laut Jawa tepatnya bagian barat laut. ULA *platform* didesain untuk mencapai produksi minyak sebesar 2200 BOPD dan gas 10 MMSCFD. Untuk menunjang produksi tersebut, maka membutuhkan fasilitas produksi seperti *pipeline* dan *riser*. *Pipeline* atau pipa merupakan salah satu teknologi dalam mengalirkan fluida seperti minyak, gas atau air dalam jumlah besar dan jarak yang jauh melalui darat (*onshore*) ataupun lepas pantai (*offshore*) (Soegiono, 2007). Berikut Gambar 1.1 peta lokasi ULA *platform*.



Gambar 1.1 Peta Lokasi ULA Platform
(Sumber PHE ONJW)

Riser didefinisikan sebagai segmen atau pipa vertikal yang menghubungkan fasilitas di atas anjungan ke pipa bawah laut (Guo Buyon et al, 2005). Dalam desain riser hal yang perlu diperhatikan adalah *riser clamp*. *Riser clamp* merupakan salah satu bagian yang vital dalam struktur *jacket*. *Riser clamp* adalah suatu alat yang digunakan dalam penyambungan riser dengan struktur. Kekuatan *riser clamp* sangat berpengaruh ketika struktur beroperasi. Tegangan yang diperoleh *riser clamp* akan mempengaruhi kekuatan dari riser clamp itu sendiri dan juga brace yang menghubungkan riser clamp dengan struktur yang pada akhirnya mempengaruhi juga kekuatan brace pada struktur itu sendiri (Radiansah, 2008).

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan kajian mengenai analisa tegangan *riser clamp* terhadap struktur *jacket* ULA dengan *software* Autopipe untuk permodelan riser. Sedangkan untuk permodelan dan menghitung tegangan *riser clamp* menggunakan *software* ANSYS

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapakah beban maksimum yang terjadi pada *riser clamp*?
2. Berapakah tegangan maksimum yang terjadi pada *riser clamp*?
3. Berapakah tegangan yang terjadi pada *bracing clamp*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung beban maksimum yang terjadi pada *riser clamp*
2. Menghitung tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada *riser clamp*
3. Menghitung tegangan *von mises* maksimum yang terjadi pada *bracing clamp*

1.4. Manfaat

Dari hasil pengerjaan tugas akhir ini didapatkan tegangan maksimum dari *riser clamp* karena pengaruh riser pada *Jacket*. Hasil analisa tersebut akan bermanfaat sebagai bahan kajian mengenai pengaruh riser terhadap tegangan *riser clamp* yang nantinya dapat digunakan sebagai

pertimbangan dalam desain dari struktur *jacket* khususnya pada desain *riser clamp* itu sendiri.

1.5 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan kompleksitas permasalahan maka beberapa batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Desain *riser* yang digunakan adalah *riser* yang dioperasikan pada ULA *platform* yang terletak di perairan *North West Java*.
2. Seluruh *riser* dimodelkan untuk analisa global dengan *software* Autopipe.
3. Analisa global yang dilakukan pada saat kondisi operasi (data gelombang 100 tahunan) dan kondisi *hydrotest* (data gelombang 1 tahunan)
4. Variasi beban lingkungan dilakukan dengan 4 variasi arah yaitu :
 - Beban fungsional dengan beban lingkungan arah 90° .
 - Beban fungsional dengan beban lingkungan arah 180°
 - Beban fungsional dengan beban lingkungan arah 270° .
 - Beban fungsional dengan beban lingkungan arah 360°
 - Beban fungsional (berat pipa, *bouyancy*, *coating*, *fluid temperature* dan *fluid pressure*). *fluid temperature* dan *fluid pressure* untuk *hidrotest*
5. Analisa lokal dilakukan pada *riser clamp* dengan *software* ANSYS.
6. *Riser clamp* dianggap sebagai silinder homogen dengan *bracing* tipe T.
7. Analisa pada *riser clamp* dilakukan hanya saat kondisi operasi (data gelombang 100 tahunan) dan hanya pada salah satu *riser clamp* tipe *hanger weight clamp*.
8. *Stub* dari *bracing riser clamp* yang menempel pada ULA *platform* dianggap *fixed*
9. Tidak memperhitungkan pada saat kondisi *buckling*.
10. Tidak memperhitungkan tegangan akibat pengelasan dan jenis pengelasan pada *bracing riser clamp*.

11. *Botl* pada *riser clamp* dimodelkan dengan sebuah elemen yang mengikat *clamp* dan diberi gaya sesuai dengan data yang ada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada umumnya *riser* berfungsi untuk fasilitas pengeboran dan produksi, mengimpor hidrokarbon dari sumur atau *platform* yang jaraknya berjauhan, mengekspor hidrokarbon melalui pipa menuju darat, platform lain atau tempat penyimpanan, mengalirkan gas atau air untuk injeksi ke dalam *reservoir*, mengalirkan *gas lift* (gas yang dipompakan ke dasar sumur supaya aliran minyak dari sumur ke platform menjadi lebih cepat), melindungi saluran listrik dan hidrolik yang digunakan untuk mengontrol peralatan di dasar laut dan *work-over* (digunakan untuk perawatan sumur dan reservoir minyak untuk menjaga aliran fluida agar tetap lancar). Terdapat dua macam atau tipe riser yaitu :

1. *Rigid riser*

Rigid riser biasanya terbuat dari bahan baja dan biasanya digunakan pada bangunan lepas pantai jenis fixed. Riser jenis ini digunakan pada suhu dan tekanan fluida yang tinggi serta pada perairan dalam yang mana fleksibel riser tipe logam tidak mampu untuk digunakan.

2. *Fleksibel riser*

Fleksibel riser yaitu jenis riser yang terbuat dari bahan elastis (misalnya wires atau polimeris) dan biasanya digunakan pada bangunan lepas pantai jenis floating. Riser ini tampak sebagai pipa yang melayang di dalam air dan disupport oleh buoyancinya.

Pada ULA *platform*, *riser* yang digunakan adalah tipe *rigid riser*. *Riser clamp* adalah suatu alat yang digunakan dalam penyambungan riser dengan struktur. Tegangan yang diperoleh oleh *riser clamp* akan mempengaruhi kekuatan dari *riser clamp* itu sendiri dan juga brace yang menghubungkan *riser clamp* dengan struktur yang pada akhirnya akan mempengaruhi juga kekuatan *brace* yang terdapat pada struktur itu sendiri. Dalam struktur anjungan lepas pantai biasanya *riser support* yang digunakan adalah (Shell, 1999) :

a. *Guide clamp.*

Tipe ini digunakan dalam pengekangan riser dari gerakan tegak lurus dan juga gerakan aksial

b. *Dead weight support clamp*

Tipe ini digunakan untuk mengekang atau menahan dari *dead weight riser* dan juga menjaga agar riser tetap stabil dari gerakan aksial dan rotasi

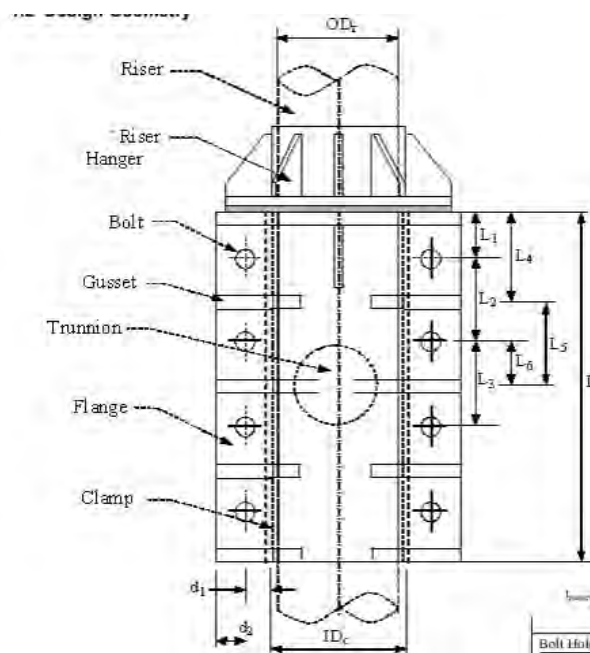
c. *Anchor clamp*

Tipe ini dipasang secara permanen pada struktur

d. *Topsides support*

e. *Special support*

Tipe support pada ULA platform adalah tipe *guide clamp* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 *Guide Clamp ULA platform*
(Sumber PHE ONWJ)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kondisi Pembebanan

Selama umur operasi pipa bawah laut, ada 4 jenis kondisi pembebanan pembebanan, antara lain (Kenny, 1993) :

a. Instalasi

Beban yang bekerja pada pipa saat kondisi ini antara lain : beban gelombang dan arus serta beban dari berat pipa itu sendiri. Tegangan yang terjadi pada kondisi ini dipengaruhi oleh metode instalasi yang digunakan.

b. *Water Filled*

Kondisi ini terjadi sebelum dan sesudah fase *hydrotest*. Kondisi ini terjadi pada fase dimana pipa untuk sementara ditinggalkan. Pada kondisi ini air laut masuk ke dalam pipa. Beban yang bekerja pada kondisi ini adalah beban dari berat pipa itu sendiri yang tentunya bertambah dengan adanya air laut yang masuk ke dalam pipa. Beban hidrodinamis juga bekerja pada kondisi ini.

c. *Hydrotest*

Kondisi *hydrotest* dilakukan untuk menguji kekuatan pipa dengan memberikan tekanan yang besar kedalam pipa. Beban yang mempengaruhi adalah tekanan dalam pipa (*internal pressure*) dan tentunya berat pipa yang bertambah akibat adanya air laut.

d. Operasi

Setelah instalasi dan *hydrotest*, berikutnya adalah fase operasi, dimana pipa mulai digunakan untuk mengalirkan fluida yang ditentukan. Tekanan dalam yang serta temperatur yang sangat tinggi akan mempengaruhi formasi dan tegangan pada pipa.

2.2.2 Jenis-jenis Pembebanan

Menurut Kenny (1993), beban yang bekerja pada pipa dibagi menjadi 2 kategori, antara lain :

1. *Functional Load*

Beban fungsional ini merupakan beban yang bekerja pada pipa sebagai akibat dari keberadaan pipa itu sendiri tanpa dipengaruhi oleh beban lingkungan. Beban fungsional antara lain adalah beban dari berat pipa itu sendiri, termasuk berat struktur baja pipa, berat lapisan anti korosi, lapisan selubung beton, beban akibat tekanan dalam yang diberikan pada pipa, beban akibat suhu yang cukup tinggi di dalam pipa, serta beban akibat sisa instalasi.

2. *Environmental Load*

Beban ini bekerja pada pipa akibat adanya kondisi lingkungan yang terjadi. Untuk beban pada pipa bawah laut, tentunya yang mempengaruhi adalah beban gelombang dan arus. Untuk mendapatkan data beban lingkungan yang tentunya bersifat acak, maka data yang digunakan untuk analisa adalah data dengan periode ulang (*return period*). Periode ulang merupakan data rata-rata beban yang terjadi.

2.2.3 Teori Tegangan pada Pipa

Pada sistem pipa penyalur minyak dan gas akan mengalami beban yang bekerja pada dinding pipa. Kombinasi dari tegangan yang bekerja pada dinding akan menyebabkan regangan atau defleksi. Besar nilai suatu tegangan akibat beban operasi yang terjadi dari tekanan fluida yang mengalir di dalam pipa dapat diturunkan menggunakan persamaan mekanika untuk bejana berdinding tipis (Popov, 1978).

Tegangan *hoop* dan tegangan longitudinal yang bekerja pada sistem pipa sama dengan tegangan yang bekerja pada bejana tekan dinding tipis. Namun pada kondisi di lapangan dibutuhkan kondisi yang mendekati sebenarnya. Metode perhitungan dan analisa tegangan telah diatur dengan menggunakan *code* tertentu sesuai dengan kondisi operasi pipa tersebut.

Pada pipa penyalur fluida *liquid* dapat menggunakan *code* ASME B31.4 (2012). Dengan menggunakan *code* tersebut maka terdapat batasan besarnya nilai tegangan yang diijinkan untuk bekerja pada sistem pipa seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tegangan ijin pada masing-masing kondisi operasi, (ASME B31.4, 2012)

| <i>Design Condition</i> | <i>Allowable</i> | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| | <i>Hoop stress</i> | <i>Longitudinal Stress</i> | <i>Combined stress</i> |
| <i>Operating</i> | 72 % SMYS | 80 % SMYS | 90 % SMYS |
| <i>Hydrotesting</i> | 90 % SMYS | - | 96 % SMYS |
| <i>Installation</i> | 72 % SMYS | 80% SMYS | 90 % SMYS |

2.2.3.1 Tegangan *Hoop*

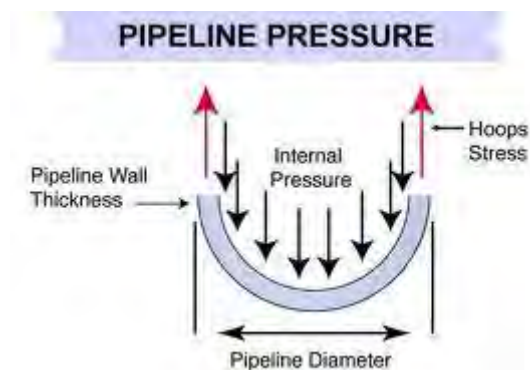
Tekanan dari dalam pipa akan menimbulkan *hoop stress*, jika *hoop stress* terlalu besar akan dapat menimbulkan beban melingkar pada daerah pipa dan dapat mengakibatkan pipa menjadi pecah. Besar tegangan ini bergantung pada variasi ketebalan dinding pipa yang mempengaruhi tekanan internal. Perhitungan tegangan hoop sesuai dengan ASME B31.4 (2012) sebagai berikut :

$$\sigma_h = P_i \frac{D}{2t} \quad (2.1)$$

Dimana :

- σ_h = *Hoop Stress* (Psi)
- P_i = Disain tekanan internal (Psi)
- D = Diameter luar pipa (in)
- t = Tebal pipa nominal (in)

Berikut ilustrasi *hoop stress* yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 *Hoop Stress* pada pipa

2.2.3.2 Tegangan *Longitudinal*

Tegangan *longitudinal* merupakan tegangan yang timbul sebagai kombinasi pengaruh 2 komponen sebagai berikut :

1. Tegangan kompresif akibat ekspansi termal

Beda temperatur saat instalasi dan operasi menyebabkan ekspansi termal kearah longitudinal, namun karena *pipeline* dalam kondisi *restrained pipeline*, maka pipa tidak dapat mengalami ekspansi sehingga timbul tegangan termal :

$$\sigma_T = -E\alpha(T - T_0) \quad (2.2)$$

Dengan :

E = *Modulus Young* (MPa)

α = Koefisien ekspansi termal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

T = Temperatur instalasi ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = Temperatur operasi ($^{\circ}\text{C}$)

Catatan: Tanda minus (-) menandakan tegangan termal merupakan tegangan kompresif.

2. Tegangan *tensile*

Akibat pengaruh tekanan internal maka bisa terbentuk tegangan lain sebagai reaksi dari tegangan *hoop* atau tegangan longitudinal, dan hal ini tergantung kondisi pipa *restraint* atau *unrestrain*. Tegangan longitudinal pada pipa *restraint* (tertahan) maka akan timbul reaksi tegangan tarik akibat pengaruh *poisson* dari tegangan *hoop*. Pengaruh *poisson* menggambarkan rasio regangan yang terjadi pada arah melintang terhadap regangan arah longitudinal. Dengan kata lain, tegangan *hoop* akan menimbulkan pengaruh tegangan tarik *poisson* pada arah longitudinal. Berikut adalah tegangan tarik longitudinal akibat pengaruh *poisson* pada pipa tertahan :

$$\sigma_p = \nu \cdot \sigma_h \quad (2.3)$$

Dengan :

ν = *Poisson ratio* = 0.3

σ_h = Tegangan *hoop* (Psi)

Melalui kedua komponen tegangan termal dan tegangan pengaruh poisson ini, maka tegangan longitudinal pipa yang berada dalam kondisi *restraint* adalah :

$$\sigma_L = \nu \cdot \sigma_h - E\alpha(T_i - T_0) \quad (2.4)$$

Dimana :

ν = *Poisson ratio* = 0.3

σ_h = Tegangan *hoop* (Psi)

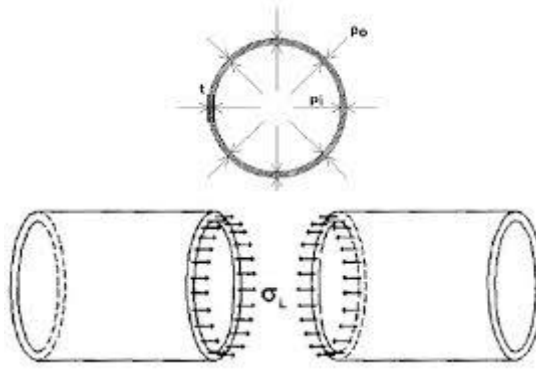
E = *Modulus Young* (MPa)

α = Koefisien ekspansi termal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

T_i = Temperatur instalasi ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = Temperatur operasi ($^{\circ}\text{C}$)

Berikut gaya-gaya yang bekerja pada *longitudinal stress* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Longitudinal Stress pada pipa

2.2.3.3 Tegangan Kombinasi (*Von Mises*)

Tegangan-tegangan yang bekerja pada arah berbeda-beda pada pipa dapat dipandang secara menyeluruh dengan menggunakan hubungan *Von Mises*. Karena tegangan geser tangensial sangat kecil maka tegangan-tegangan lain yang bekerja dapat diabaikan sehingga diperoleh tegangan ekuivalen *Von Mises* sebagai berikut :

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_h^2 - (\sigma_h \sigma_L) + \sigma_L^2} \quad (2.5)$$

Dengan :

σ_E = Tegangan ekuivalen Von Mises (MPa)

σ_h = Tegangan *hoop* (MPa)

σ_L = Tegangan longitudinal (MPa)

Berikut Tabel 2.2 mengenai faktor desain untuk sistem *offshore pipeline* berdasarkan ASME B3.14 tahun 2012

Tabel 2.2 Faktor desain untuk sistem *offshore pipeline* (ASME B3.14, 2012)

| <i>Location</i> | <i>Hoop stress</i> | <i>Longitudinal stress</i> | <i>Combined stress</i> |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| <i>Pipeline</i> | 0,72 | 0,8 | 0,9 |
| <i>Riser and platform piping</i> | 0,6 | 0,8 | 0,9 |

2.3 Beban Gelombang

Beban hidrodinamis yang terjadi pada pipa adalah beban gelombang dan arus.

2.3.1 Penentuan Teori Gelombang

Teori gelombang yang akan digunakan dalam perancangan dapat ditentukan dengan menggunakan formulasi matematika dari teori gelombang linier sebagai berikut :

$$\frac{H}{gT^2} \quad \frac{d}{gT^2} \quad (2.6)$$

Dimana:

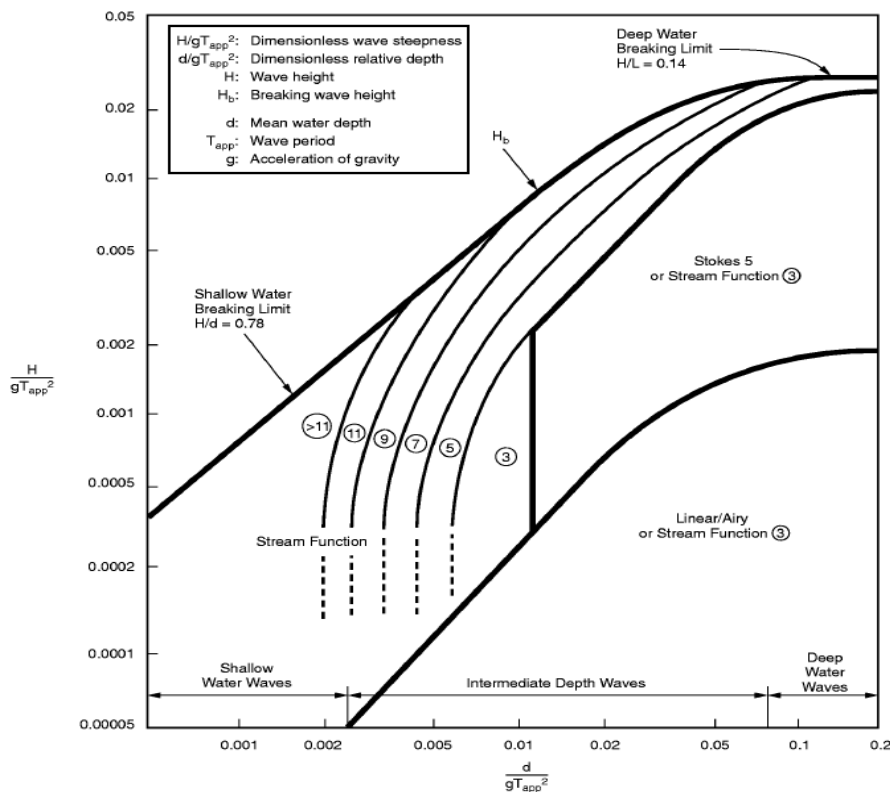
H : Tinggi gelombang (m)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

T : periode gelombang (s)

d : kedalaman perairan (m)

Dengan mengetahui panjang gelombang pada perairan dalam, maka dapat dihitung panjang gelombang untuk perairan dengan kedalaman yang lain. Hasil dari formulasi matematika tersebut kemudian disesuaikan dengan grafik Daerah Aplikasi Teori Gelombang “*Regions of Validity of Wave Theories*”, seperti terlihat pada Gambar 2.4 sehingga dapat diketahui teori gelombang yang akan digunakan.



Gambar 2.4 Grafik *Region of Validity of Wave Theories* (API RP 2A WSD, 2000)

2.3.2 Teori Gelombang Stokes

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak linieran, tiga dimensi, dan mempunyai bentuk random (Triatmodjo,1999). Untuk menggambarkan gelombang tersebut, maka munculah beberapa teori gelombang dengan berbagai pendekatan. Penentuan teori gelombang yang berlaku didasarkan pada parameter-parameter berupa tinggi gelombang, periodenya serta kedalaman laut yang diamati. Semua parameter tersebut menjadi acuan untuk penentuan teori gelombang yang dapat dilihat pada grafik *Region Validity*.

Beberapa teori gelombang tersebut antara lain :

- Teori Gelombang *Airy*
- Teori Gelombang *Stokes*
- Teori Gelombang Knoidal
- Teori Gelombang Tunggal

Berdasarkan API RP-2A WSD (2000) pada penentuan teori gelombang diperoleh teori gelombang *Stokes* orde lima. teori gelombang yang dipergunakan teori gelombang *Stokes* orde lima karena penggunaanya sangat akurat untuk semua kondisi. Persamaan teori gelombang *Stokes* orde-lima diberikan notasi yang sama dengan notasi yang digunakan pada teori *Airy*. Untuk tinggi gelombang H , angka gelombang k , dan frekuensi ω dengan arah- x positif, fluktuasi permukaan bebas air η dari SWL, menurut teori *Stokes fifth-order*, dideskripsikan dengan persamaan (Dawson ,1983)

$$\eta = \frac{1}{K} \sum_{n=1}^5 F_n \cos(Kx - \omega t) \quad (2.7)$$

dengan, F_1, F_2 , dst diberikan

$$F_1 = a$$

$$F_2 = a^2 F_{22} + a^4 F_{24}$$

$$F_3 = a^3 F_{33} + a^5 F_{35}$$

$$F_4 = a^4 F_{44}$$

$$F_5 = a^5 F_{55}$$

dengan F_{22} , F_{24} , dst, adalah parameter profil gelombang yang tergantung kh dan a , untuk a diperoleh daripersamaan :

$$kh = 2 (a + a^3 F_{33} + a^5 (F_{35} + F_{55})) \quad (2.8)$$

Kecepatan partikel air horizontal u , dan vertikal v (pada jarak x , waktu t , dan tinggi y diatas *seafloor*) diekspresikan

$$u = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\cosh nky}{\sinh nkh} \cos n(kx - \omega t) \quad (2.9)$$

$$v = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\sinh nky}{\sinh nkh} \sin n(kx - \omega t) \quad (2.10)$$

Dengan G_1 , G_2 , dst diberikan

$$G_1 = a G_{11} + a^3 G_{13} + a^5 G_{15}$$

$$G_2 = 2 (a^2 G_{22} + a^4 G_{24})$$

$$G_3 = 3 (a^3 G_{33} + a^5 G_{35})$$

$$G_4 = 4 a^4 G_{44}$$

$$G_5 = 5 a^5 G_{55}$$

Dengan G_{11} , G_{13} , G_{15} , dst merupakan parameter kecepatan gelombang yang bergantung nilai kh .

Berikut Tabel 2.3 harga parameter profil gelombang, dan Tabel 2.4 parameter kecepatan gelombang.

Tabel 2.3. Parameter profil gelombang

| h/λ | F_{22} | F_{24} | F_{33} | F_{35} | F_{44} | F_{55} |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.10 | 3.892 | -28.61 | 13.09 | -138.6 | 44.99 | 163.8 |
| 0.15 | 1.539 | 1.344 | 2.381 | 6.935 | 4.147 | 7.935 |
| 0.20 | 0.927 | 1.398 | 0.996 | 3.679 | 1.259 | 1.734 |
| 0.25 | 0.699 | 1.064 | 0.630 | 2.244 | 0.676 | 0.797 |
| 0.30 | 0.599 | 0.893 | 0.495 | 1.685 | 0.484 | 0.525 |
| 0.35 | 0.551 | 0.804 | 0.435 | 1.438 | 0.407 | 0.420 |
| 0.40 | 0.527 | 0.759 | 0.410 | 1.330 | 0.371 | 0.373 |
| 0.50 | 0.507 | 0.722 | 0.384 | 1.230 | 0.344 | 0.339 |
| 0.60 | 0.502 | 0.712 | 0.377 | 1.205 | 0.337 | 0.329 |

Tabel 2.4 Parameter Kecepatan

| h/λ | G_{11} | G_{13} | G_{15} | G_{22} | G_{24} | G_{33} | G_{35} | G_{44} | G_{55} |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.10 | 1.000 | -7.394 | -12.73 | 2.996 | 48.14 | 5.942 | 121.7 | 7.671 | 0.892 |
| 0.15 | 1.000 | -2.320 | -4.864 | 0.860 | 0.907 | 0.310 | 2.843 | 0.167 | 0.257 |
| 0.20 | 1.000 | -1.263 | -2.266 | 0.326 | 0.680 | 0.017 | 1.093 | 0.044 | 0.006 |
| 0.25 | 1.000 | -0.911 | -1.415 | 0.154 | 0.673 | -0.030 | 0.440 | 0.005 | 0.005 |
| 0.30 | 1.000 | -0.765 | -1.077 | 0.076 | 0.601 | -0.020 | 0.231 | 0.002 | 0.001 |
| 0.35 | 1.000 | -0.696 | -0.925 | 0.038 | 0.556 | -0.012 | 0.152 | 0.002 | 0.000 |
| 0.40 | 1.000 | -0.662 | -0.850 | 0.020 | 0.528 | -0.006 | 0.117 | 0.001 | 0.000 |
| 0.50 | 1.000 | -0.635 | -0.790 | 0.006 | 0.503 | -0.002 | 0.092 | 0.000 | 0.000 |
| 0.60 | 1.000 | -0.628 | -0.777 | 0.002 | 0.502 | -0.001 | 0.086 | 0.000 | 0.000 |

Selain itu ada penambahan lain yang berhubungan dengan frekuensi gelombang dan angka gelombang. Hubungan ini diberikan oleh persamaan :

$$\omega^2 = gk(1 + a^2 C_1 + a^4 C_2) \tanh kh. \quad (2.11)$$

dengan C_1 dan C_2 adalah parameter frekuensi pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Parameter frekuensi dan tekanan

| h/λ | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
|-------------|-------|-------|--------|--------|
| 0.10 | 8.791 | 383.7 | -0.310 | -0.060 |
| 0.15 | 2.646 | 19.82 | -0.155 | 0.257 |
| 0.20 | 1.549 | 5.044 | -0.082 | 0.077 |
| 0.25 | 1.229 | 2.568 | -0.043 | 0.028 |
| 0.30 | 1.107 | 1.833 | -0.023 | 0.010 |
| 0.35 | 1.055 | 1.532 | -0.012 | 0.004 |
| h/λ | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
| 0.40 | 1.027 | 1.393 | -0.007 | 0.002 |
| 0.50 | 1.008 | 1.283 | -0.001 | ~0 |
| 0.60 | 1.002 | 1.240 | -0.001 | ~0 |

Stokes orde 5 memberikan solusi untuk hubungan $c=\omega/k$,

$$c = \left[\frac{g}{k} (1 + a^2 C_1 + a^4 C_2) \tanh kh \right]^{1/2} \quad (2.12)$$

Koefisien kecepatan ditulis,

$$U_n = \frac{Gn \cosh nky}{\sinh nky} \quad (2.13)$$

$$V_n = \frac{Gn \sinh nky}{\sinh nky} \quad (2.14)$$

2.3.3 Perhitungan Kecepatan Arus

Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan arus adalah, sebagai berikut :

$$U_D = \left[\frac{1 + \frac{Z_o}{D} \cdot \ln\left(\frac{D}{Z_o} + 1\right) - 1}{\ln\left(\frac{Z_r}{Z_o} + 1\right)} \cdot \sin(\theta) \right] \quad (2.15)$$

dengan :

U_D = Kecepatan partikel air (m/s)

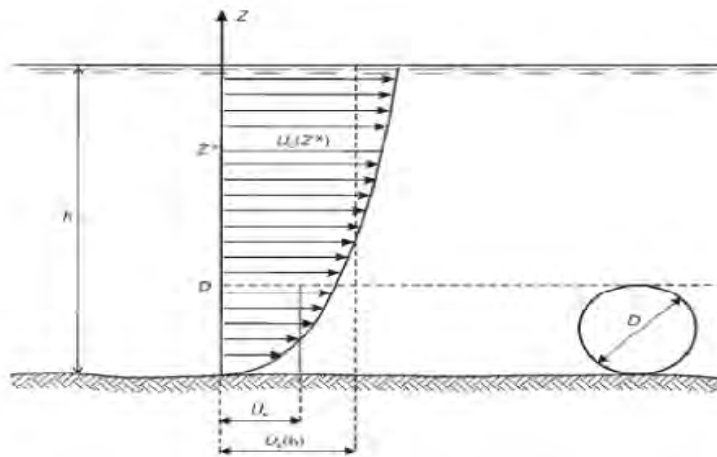
D = diameter luar pipa, (m)

Z_o = parameter kekasaran *seabed*

Z_r = Ketinggian diatas *seabed*

U_r = kecepatan arus (m/s)

Ilustrasi mengenai beban arus yang bekerja pada pipa dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Kecepatan Efektif pada Pipa (Mikael, 2005)

2.4 Metode Elemen Hingga (MEH)

Metode elemen hingga merupakan pemodelan struktur dengan elemen-elemen kecil yang saling berhubungan. Tiap elemen dihubungkan secara langsung atau tidak langsung dengan suatu *interface* yang bisa berupa simpul atau garis pembatas atau permukaan pembatas. Dengan diketahuinya tegangan/regangan material yang membentuk struktur tersebut, maka dapat ditentukan pula kekakuan simpul yang merupakan fungsi dari sifat elemen yang lain dalam struktur. Secara

matematis, MEH merupakan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan permasalahan struktur dalam persamaan diferensial. Konsep dasar pemodelan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) antara lain :

1. Menjadikan elemen-elemen diskrit untuk memperoleh simpangan dan gaya dari suatu struktur
2. Menggunakan elemen kontinue untuk memperoleh solusi pendekatan terhadap permasalahan-permasalahan tentang perpindahan anas, mekanika fluida, dan mekanika *solid*.

Dalam analisa kekuatan struktur *riser clamp*, hal yang penting yang harus dilakukan oleh *desainer* yaitu dalam perhitungan menggunakan metode elemen hingga. Perhitungannya meliputi model geometri, properties material, ketidakentuan dari *riser clamp*, dan perkiraan tentang beban maksimum yang diberikan sesuai dengan keadaan yang terjadi. Hal yang penting lainnya adalah efek yang terjadi akibat beban siklis. Beban siklis biasanya akan menambah kerusakan dalam hal kepecahan struktur yang pada akhirnya akan mengurangi umur dari struktur itu sendiri. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisa menggunakan metode elemen hingga yaitu :

1. Model Geometri dan Kondisi Batas

Dalam aplikasinya, kondisi batas akan mereduksi dalam hal pembuatan model dari elemen hingga struktur yang akan dianalisa. Untuk memperoleh hasil yang tepat atau akurat, maka digunakan material, geometri dan beban yang terdistribusi sesuai dengan keadaan sebenarnya.

2. Material

Dalam analisa menggunakan *software* metode elemen hingga yang paling penting yaitu memasukkan jenis material yang digunakan, tetapi juga disesuaikan dengan jenis material yang terdapat pada *software* itu sendiri. Analisa yang dilakukan biasanya untuk mendeskripsikan karakteristi dari suatu material dengan memasukkan nilai modulus elastisitas dan *poisson ratio*.

3. Meshing

Meshing yang dilakukan dalam permodelan tergantung pada elemen yang dipilih dan tingkat kedetailan dari analisa. Pemilihan *meshing* biasanya berdasarkan prosedur verifikasi pada pengujian model.

4. Beban

Pembebanan pada model yang akan dianalisa sangat berpengaruh pada hasil yang dikeluarkan oleh *software*. Oleh karena itu, dalam memasukkan nilai beban harus sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.

2.5 Tegangan Von Mises Pada Ansys

Tegangan Von Mises merupakan tegangan yang didapatkan melalui perhitungan yang melibatkan stress dan strain pada semua arah sumbu (x, y, dan z). Dengan demikian dapat disimpulkan tegangan Von Mises merupakan tegangan total dan merupakan resultan tegangan yang terjadi pada pelat/struktur. Sehingga tegangan Von Mises dapat dijadikan tolak ukur indikasi besarnya tegangan sisa yang terjadi tanpa memperhatikan arah tegangan tersebut. Penggabungan tegangan-tegangan utama pada suatu elemen merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang terjadi pada node tersebut. Salah satu cara mendapatkan tegangan gabungan adalah dengan menggunakan formula tegangan *Von Mises*:

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (2.18)$$

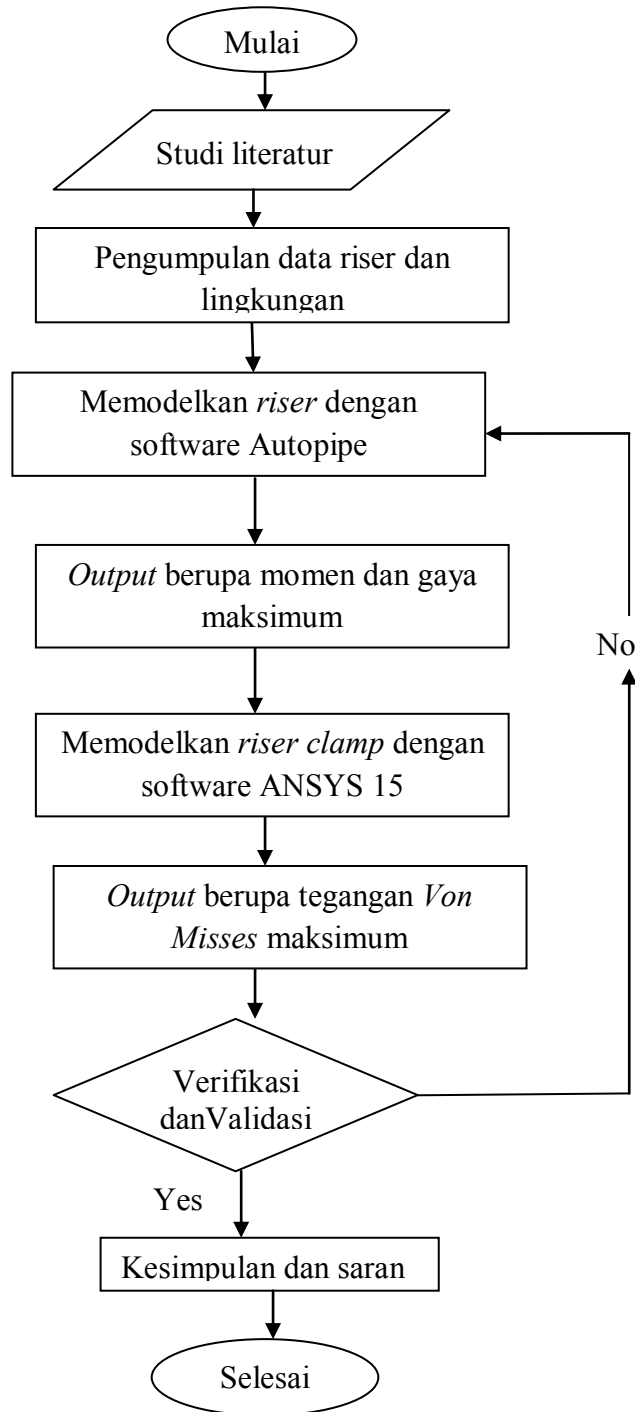
dengan:

| | |
|-------------|---|
| σ_E | = tegangan ekuivalen (<i>von mises stress</i>) (Pa) |
| σ_x | = tegangan normal sumbu x (Pa) |
| σ_y | = tegangan normal sumbu y (Pa) |
| σ_z | = tegangan normal sumbu z (Pa) |
| τ_{xy} | = tegangan geser bidang yz (Pa) |
| τ_{yz} | = tegangan geser bidang zx (Pa) |
| τ_{zx} | = tegangan geser bidang xy (Pa) |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Berikut Gambar 3.1 diagram alir metode penelitian.



Gambar 3.1 Flowchart

3.2 Prosedur Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini diperlukan tahap-tahap yang berurutan berdasarkan urutan kerja sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai dengan baik. Tahapan-tahapan tersebut yaitu :

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi tugas akhir (TA), jurnal, artikel, buku dan code yang sesuai mengenai desain *riser clamp*. Code yang digunakan dalam desain *riser clamp* yaitu ASME B31.4 dan DNV OS F101

2. Pengumpulan data

Data *riser* yang digunakan adalah data *riser ULA platform* milik PHE ONWJ.

Berikut data-data yang diperlukan untuk desain riser yaitu :

a. Data proses *riser* yang ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Data proses *riser*

| Parameters | Units | Value |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|
| Design Pressure | psig | 1600 (11.03 MPa) |
| Operating Pressure | psig | 160 (1.10 MPa) |
| Hydrotest Pressure | psig | 2000 (13.79 MPa) |
| Mechanical Design Temp. (Metal) | ⁰ F | 200 (93.3 ⁰ C) |
| Operating Temperature | ⁰ F | 112 (44.4 ⁰ C) |

Note:

1. For non-metallic materials (external corrosion coating), the design temperature shall be the operating temperature added by 30⁰C [Ref.2.1.(7)]

b. Data *riser* yang ditunjukkan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Data *riser*

| Parameters | Units | Value |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Outside Diameter | mm | 323.9 |
| Material | - | API 5L Grade X52MO PSL2 CS |
| Seam Type | - | HF-ERW |
| SMYS | MPa | 360 (52.20 ksi) |
| SMTS | MPa | 460 (66.70 ksi) |
| Young Modulus | MPa | 2.07 x 10 ⁵ |
| Poisson Ratio | - | 0.3 |
| Density | kg/m ³ | 7850 |
| Structural Damping Coefficient | - | 0.26 |
| Coefficient of Thermal Expansion | ⁰ C | 1.1 x 10 ⁻⁵ |
| Service | - | Three Phase |

c. Data lingkungan meliputi :

- Kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Kedalaman

| Item | Units | Value (note 1) |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| ULA Platform Water Depth | m | 22.7 (riser location) |

- Data pasang surut yang ditunjukkan pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Pasang surut

| Item | Units | Return Period | |
|---------------------------------|-------|---------------|----------|
| | | 1-Year | 100-Year |
| Storm Tide (Surge) | m | 0.152 | 0.244 |
| Highest Astronomical Tide (HAT) | m | 1.158 | 1.158 |

- Data perairan yang ditunjukkan pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Data Perairan

| Parameter | | Unit | Value |
|--------------------------------|------|-------------------|-------------------------|
| Density of Sea Water | | kg/m ³ | 1025 |
| Ambient Temperature (Note 1) | Max. | °C | 30.0 |
| | Min. | °C | 22.2 |
| Sea water temperature (Note 1) | | °C | 26.6 |
| Sea Floor Temperature (Note 1) | Max. | °C | 27.8 |
| | Min. | °C | 15.0 |
| Kinematics Viscosity | | m ² /s | 1.13 x 10 ⁻⁵ |

Note:

1. The sea floor temperature was considered in the riser and spool analysis.

- Data tanah yang ditunjukkan pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Data Tanah

| Parameter | | Units | Value |
|--------------------------------|---------|-------------------|--|
| Soil Type (Note 1) | | - | Very Soft Clay |
| Un-drained Shear Strength | | kPa | 2.0 – 6.0 (6.0 kPa is selected) |
| Angle Friction | | Deg | 0.0 |
| Submerged Weight | | kg/m ³ | 815.7 (8000 N/m ³ is selected) |
| Friction Coefficient. (Note 1) | Lateral | - | 0.2 |
| | Axial | - | 0.22 |

Note:

1. Lateral soil friction is based on DNV RP F105 for clay soil type

- Data gelombang yang ditunjukkan pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Data Gelombang

| Return Per. | Wave Height (mm) | Wave Period (sec) |
|-------------|------------------|-------------------|
| 1-year | 5090.16 | 7.10 |
| 100-years | 8625.84 | 9.40 |

- Data arus yang ditunjukkan pada Tabel 3.8

Tabel 3.8 Data Arus

| Return Per. | Percent of Depth Below Water Surface (%) | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 1-year (m/s) | 0.9144 | 0.853 | 0.7925 | 0.7315 | 0.6706 | 0.6096 | 0.5486 | 0.4877 | 0.4267 | 0.3658 | 0.24384 |
| 100-years (m/s) | 1.2192 | 1.128 | 1.0363 | 0.9754 | 0.8839 | 0.7925 | 0.7315 | 0.6706 | 0.6096 | 0.5182 | 0.3048 |

- Data koefisien hidrodinamika yang ditunjukkan pada Tabel 3.9

Tabel 3.9 Data Koefisien Hidrodinamika

| Parameter | Riser | Pipeline ⁽¹⁾ |
|---------------------|---|---|
| Drag Coefficient | 0.7 ⁽²⁾ – 1.0 ⁽²⁾ | 0.7 ⁽³⁾ – 1.2 ⁽³⁾ |
| Lift Coefficient | 0 | 0.9 |
| Inertia Coefficient | 2 | 3.29 |

Notes:

1. Hydrodynamic coefficient factors for pipelines are in accordance with DNV RP-F305 .
2. 0.7 -with marine Growth and 1.0 - without marine growth
3. 0.7 for $Re \geq 3 \times 10^5$ (Supercritical flow) and 1.2 for $Re < 3 \times 10^5$ (sub critical and critical flow)

3. Pemodelan *riser* dengan *software* Autopipe

Setelah mendapatkan data *riser* dan lingkungan, kemudian memodelkan *riser* dengan *software* Autopipe untuk mendapatkan hasil tegangan global *riser* yang berupa gaya dan momen maksimum .

4. Permodelan *riser clamp* dengan *software* ANSYS 15

Sebelum pemodelan paa *software* ANSYS, struktur clamp dimodelkan terlebih dahulu pada *software* Autocad 3D kemudian id import dalam bentuk .igs agar dapat di analisa menggunakan *software* ANSYS. Hasil tegangan global *riser* yang berupa gaya dan momen maksimum tersebut, dimasukkan kedalam permodelan *riser clamp* menggunakan *software* ANSYS. Selain gaya dan momen, inutannya juga berupa beban pada bolt yang mengikat *riser clamp*. Permodelan *riser clamp* menggunakan *software* ANSYS untuk mengetahui tegangan *Von Misses* maksimum pada *riser clamp* dan pengaruh *riser clamp* terhadap *brace* struktur. Pemodelan dilakukan hanya pada salah satu dari tiga *riser clamp* yang ada.

5. Verifikasi dan validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk mencocokkan hasil yang diperoleh dengan data sesungguhnya. Hasil perhitungan untuk desain *riser clamp* pada data dilakukan dengan metode *in house validated* menggunakan *software*

MATHCAD. Maka validasi dilakukan untuk mencocokkan data perhitungan manual dengan *software* ANSYS. Validasi dikatakan benar jika selisih hasil yang diperoleh dengan data sesungguhnya kurang dari 5%. Jika melebihi maka, dilakukan pengecekan kembali pada pemodelan Autopipe.

6. Kesimpulan dan saran

Setelah melakukan analisis tegangan pada *riser clamp*, maka dapat ditarik kesimpulan terhadap hasil penelitian. Kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang menjadi tujuan dalam penelitian ini. Penulisan saran juga dibutuhkan agar penelitian yang akan datang akan lebih baik hasilnya.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Riser

4.1.1 Data umum riser

Data umum *riser* yang diberikan oleh PHE ONWJ untuk analisa beban dan tegangan antara lain dijelaskan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Umum Riser

| Parameter | | Nilai | Satuan | Nilai | Satuan |
|---------------------------|-----|----------------------------|--------|-------|--------|
| Diameter pipa, OD | | 12 | In | 323,9 | mm |
| Ketebalan Pipa | | 0,56 | In | 14,27 | mm |
| Operating Pressure | | 160 | psig | 1,01 | MPa |
| Operating Temperature | | 112 | °F | 44,4 | °C |
| Hydrotest Pressure | | 2000 | psig | 13,79 | MPa |
| Ambient Temperature | Max | 30 °C | | | |
| | Min | 22,2 °C | | | |
| Kelas Material Riser | | API 5L Gr B X52MO PSL2 CS | | | |
| SMYS | | 52,2 | Ksi | 360 | MPa |
| Modulus Young | | 207000 MPa | | | |
| Rasio Poisson | | 0,3 | | | |
| Massa Jenis Pipa | | 7850 kg/m ³ | | | |
| Koefisien Ekspansi Termal | | 1,1 x 10 ⁻⁵ /°C | | | |
| Kedalaman Riser | | 22,7 m | | | |

4.1.2 Data Lingkungan

Data lingkungan yang diberikan oleh PHE ONWJ untuk analisa beban pada risers antara lain:

1. Data gelombang

Data gelombang meliputi tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Data Gelombang

| Periode | Tinggi Gelombang (mm) | Periode gelombang (s) |
|-----------|--------------------------|-----------------------|
| 1 tahun | 5090,16 | 7,1 |
| 100 tahun | 8625,84 | 9,4 |

Teori gelombang yang digunakan dalam perancangan suatu struktur ditentukan berdasarkan *region of validity of wave theories*”, seperti terlihat pada Gambar 4.1 menurut API RP 2A-WSD (2000). Teori gelombang yang akan digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan formulasi matematika dari teori gelombang linier sebagai berikut :

$$\frac{H}{gT^2} \leq \frac{d}{gT^2} \quad (4.1)$$

Dimana :

H : Tinggi gelombang (m)

g : percepata gravitasi (m/s²)

T : periode gelombang (s)

d : kedalaman perairan (m)

Dengan menggunakan formulasi diatas dan dengan data yang sudah ada, maka dapat ditentukan penggunaan teori gelombang yang sesuai sebagai berikut.

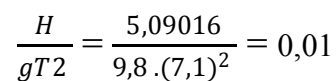
a. Untuk kondisi operasi (100 tahun) :

Diketahui :

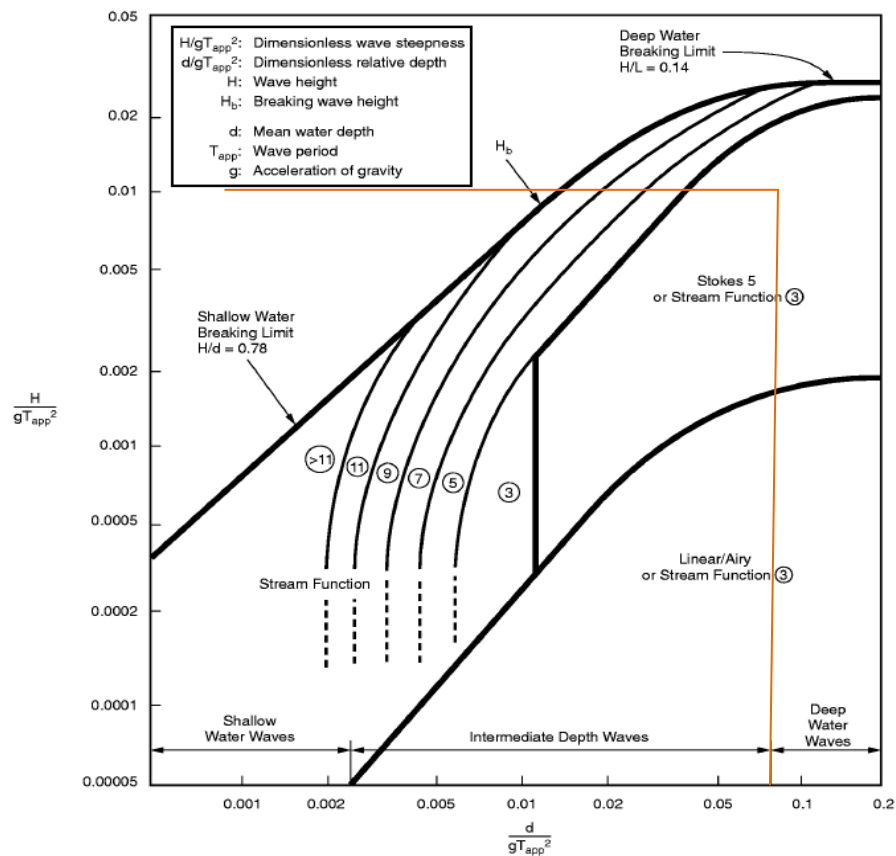
$$H = 5,09016 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{d}{gT^2} = \frac{22,7}{9,8 \cdot (9,4)^2} = 0,02$$



$$\frac{d}{gT^2} = \frac{22,7}{9,8 \cdot (7,1)^2} = 0,045$$



Gambar 4.2 Grafik *region of validity of wave theories* untuk kondisi *hydrotest*

Sumber : API RP 2A WSD

Sedangkan untuk kondisi *hydrotest* seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 teori gelombang yang digunakan yaitu teori *stokes* orde 5 atau *stream fuction*.

2. Data pasang surut di perlihatkan pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Data pasang surut

| | Satuan | 1 tahun | 100 Tahun |
|------------------------|--------|---------|-----------|
| Badai (<i>surge</i>) | m | 0,152 | 0,244 |
| HAT | m | 1,158 | 1,158 |

3. Data arus

Data arus yang dilakukan dalam analisa beban maksimum pada riser terbagi dalam 5 persentase kedalaman seperti pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Data arus

| | Persentase kedalaman dibawah elevasi muka air (%) | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 1 tahun | 0,9144 | 0,7620 | 0,6096 | 0,4572 | 0,2438 |
| 100 Tahun | 1,2192 | 1,0085 | 0,7925 | 0,6401 | 0,3048 |

4. Data tanah diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data tanah

| Parameter | Satuan | Nilai |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| Tipe tanah | - | <i>Very Soft Clay</i> |
| <i>Un-drained shear strength</i> | kPa | 6 |
| <i>Angle friction</i> | deg | 0 |
| Berat terpendam | N/m ³ | 8000 |
| <i>Friction coefficient</i> | - | 0,2 |

4.1.3 Data *flange* dan *bolt*.

Data *flange* dan *bolt* untuk pemodelan *riser clamp* dapat dilihat pada Tabel 4.6

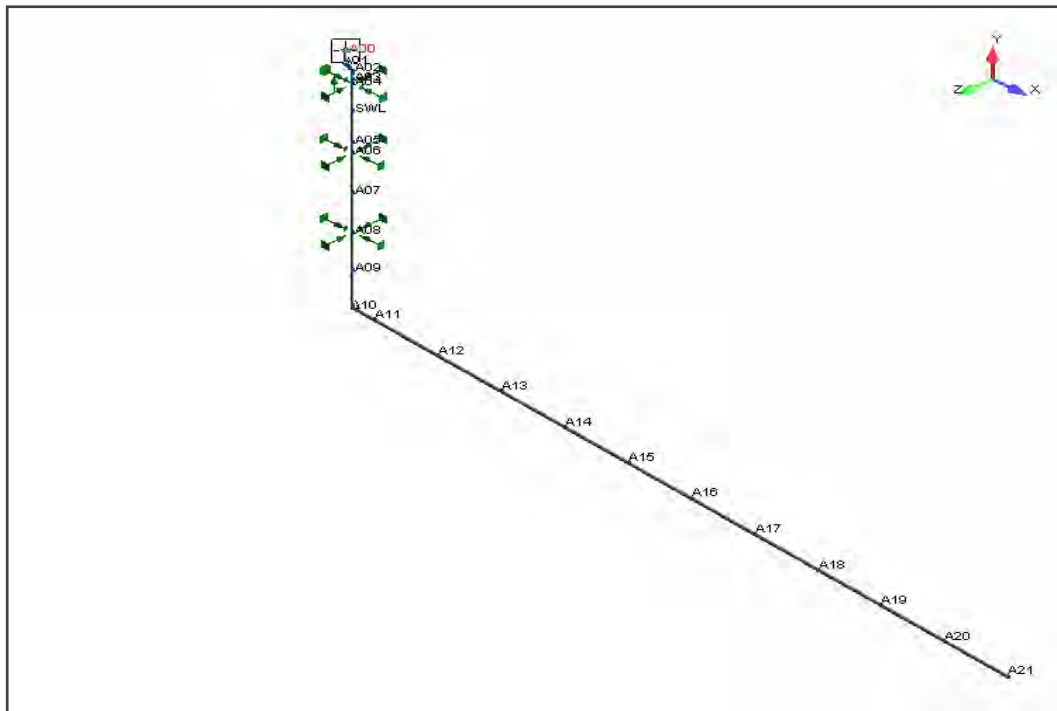
Tabel 4.6 Data *flange* dan *bolt* pada *riser clamp*

| parameter | satuan | nilai |
|------------------------|--------|------------------|
| Material <i>flange</i> | - | ASTM A694 F52 |
| <i>Rating</i> | - | #900 |
| SMYS | MPa | 360 |
| Material <i>bolt</i> | - | ASTM A 193 Gr B7 |
| Jumlah <i>bolt</i> | - | 8 |
| Beban | N | 15300 |
| SMYS | MPa | 720 |

4.2 Analisa Hasil Pemodelan

4.2.1 Analisa Beban Riser Clamp

Analisis dilakukan menggunakan software Autopipe yang dikembangkan dan dikelola oleh BENTLEY SYSTEMS. Autopipe adalah program analisis elemen hingga digunakan untuk menganalisis pipa dan sistem struktur mengalami beban statis dan dinamis. Program ini berisi tutorial yang lengkap mengenai sifat material dan komponen perpipaan termasuk pipa, belkan, flensa dan lain-lain. Program ini memperhitungkan perilaku non-linear dari kekangan karena kesenjangan atau gesekan dan *bouyancy* pada pipa bawah laut dan riser. Berikut Gambar 4.3 pemodelan riser dan spoo pada Autopipe.



Gambar 4.3 Model *Riser* dan *Spool* pada *Software* Autopipe

Analisa beban pada *riser* dimodelkan pada kondisi operasi dan *hydrotest* dengan empat pembebanan arah lingkungan yaitu 90^0 , 180^0 , 270^0 , dan 360^0 . Pada kondisi *hydrotest* menggunakan data gelombang 1 tahunan sedangkan pada kondisi operasi (ekstrim) menggunakan data 100 tahunan. Pembenanan pada kondisi *hydrotest* dilakukan untuk menguji kekuatan *riser* sebelum proses instalasi dan operasi. Jika pada waktu konsisi *hydrotest* tegangan yang terjadi

kurang dari SMYSnya maka struktur tersebut bisa dilakukan penginstalan serta operasi. Berikut ini hasil dari gaya dan momen maksimum pada *riser clamp* pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Gaya Maksimum Pada *Riser Clamp*

| Node | Type Support | Pembebanan | Gaya Maksimum (N) | | |
|------|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|----------------|
| | | | F _x | F _y | F _z |
| A04 | Hanger Weight Clamp (A04) | Hydrotest | -7446 | 10793 | 20854 |
| | | Operasi(ekstrem) | -27144 | 37785 | -9906 |
| A06 | Riser Guide Clamp 1 (A06) | Hydrotest | -2115 | 6380 | -2480 |
| | | Operasi(ekstrem) | 12447 | -6801 | 8156 |
| A08 | Riser Guide Clamp 2 (A08) | Hydrotest | -3120 | 4200 | 1167 |
| | | Operasi(ekstrem) | -7503 | 5228 | 4727 |

Tabel 4.8 Momen Maksimum Pada *Riser Clamp*

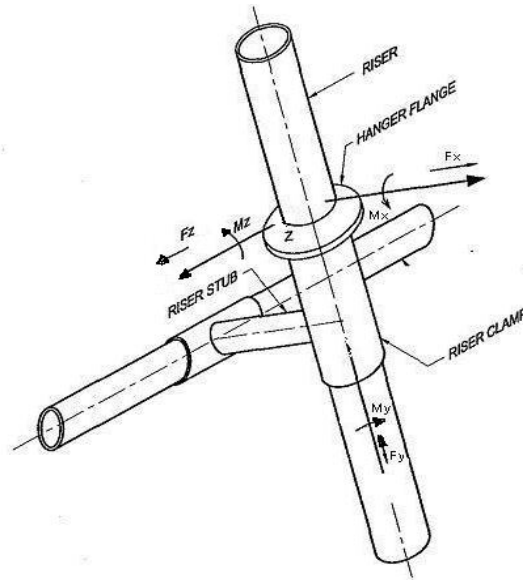
| Node | Type Support | Pembebanan | Momen Maksimum (N.m) | | |
|------|---------------------------|------------------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | M _x | M _y | M _z |
| A04 | Hanger Weight Clamp (A04) | Hydrotest | 35651 | -663 | -15756 |
| | | Operasi(ekstrem) | 9738 | -194 | 65390 |
| A06 | Riser Guide Clamp 1 (A06) | Hydrotest | -12204 | -663 | 6588 |
| | | Operasi(ekstrem) | 10672 | -194 | -32268 |
| A08 | Riser Guide Clamp 2 (A08) | Hydrotest | -15299 | -663 | 7952 |
| | | Operasi(ekstrem) | 7630 | -194 | 13336 |

Keterangan :

- X (+) arah model pada AutoPIPE adalah timur arah platform

- Y (+) arah model pada AutoPIPE adalah bawah
- Z (+) arah model pada AutoPIPE adalah selatan arah platform
- Arah platform yaitu 45^0 dari arah utara sebenarnya.

Berikut Gambar 4.4 penjelasan direksi pada *riser clamp*.



Gambar 4.4 Direksi *Riser Clamp* (sumber PHE ONWJ)

4.2.2 Analisa Tegangan *Riser*

Sesuai dengan kode standar ASME B31.4 (2012), tegangan *riser* yang diijinkan dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.9 Tegangan yang Diijinkan pada Kondisi Operasi

| Tegangan | Tegangan Kerja yang Diijinkan | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------|
| | f_{smys} | |
| Tegangan <i>Hoop</i> | 72 % SMYS | 259,2 MPa |
| Tegangan <i>Longitudinal</i> | 80 % SMYS | 288 MPa |
| Tegangan Kombinasi | 90 % SMYS | 324 MPa |

Tabel 4.10 Tegangan yang Diiijinkan pada Kondisi *Hydrotest*

| Tegangan | Tegangan Kerja yang Diiijinkan | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------|
| | f_{smys} | |
| Tegangan Hoop | 90 % SMYS | 324MPa |
| Tegangan Longitudinal | - | - |
| Tegangan Kombinasi | 96 % SMYS | 345,6 MPa |

Jika terdapat salah satu tegangan yang melebihi tegangan ijinnya, maka sistem pipa akan mengalami kegagalan dalam bentuk deformasi plastis atau *yielding*. Dalam perhitungan kali ini menggunakan temperatur tekanan pada saat operasi yang terjadi yaitu pada kondisi 44,4°C (1,10 Mpa) dan pada kondisi *hydrotest* 26,6 °C (13,79 Mpa). Berikut hasil perhitungan tegangan ijin pada *riser* yang ditunjukkan pada Tabel 4.11

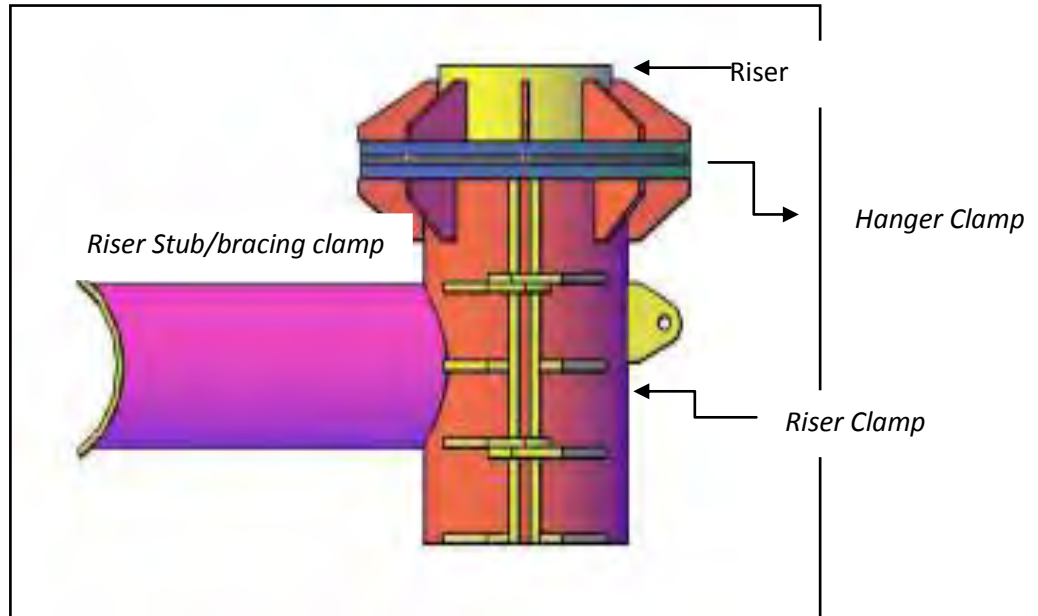
Tabel 4.11 Tegangan Maksimum pada *Riser*

| Pembenanan | Deskripsi | Node | Stress (MPa) | Allowable Stress (MPa) | Kombinasi beban |
|-------------------|------------------------------------|------|--------------|------------------------|-------------------------|
| <i>Hydrotest</i> | <i>Maximum Hoop Stress</i> | A03 | 176 | 324 | Max Pressure |
| | <i>Maximum Longitudinal Stress</i> | A09 | 149 | - | Fungsional. + arah 270° |
| | <i>Maximum Combined Stress</i> | A09 | 177 | 345,6 | Fungsional. + arah 270° |
| Operasi (Ekstrem) | <i>Maximum Hoop Stress</i> | A03 | 141 | 259,2 | Max Pressure |
| | <i>Maximum Longitudinal Stress</i> | A09 | 200 | 288 | Fungsional + arah 90° |

| Pembenanan | Deskripsi | Node | Stress (MPa) | Allowable Stress (MPa) | Kombinasi beban |
|-------------------|--|-------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | <i>Maximum Combined Stress</i> | A09 | 228 | 324 | Fungsional + arah 90° |

4.2.3 Analisa Hasil Pemodelan *Riser Clamp* menggunakan *Software Ansys*

Analisa pemodelan menggunakan *software* Ansys untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada *guide riser clamp* serta pada *bracing clamp*. *Riser clamp* yang dianalisa hanya *riser clamp* tipe *hanger weight clamp* atau pemodelan pada *software* Autopipe pada titik A04. *Input* untuk analisa pada *software* Ansys ini diperoleh dari *output* pada *software* Autopipe yaitu berupa gaya dan momen maksimum. Analisa tegangan maksimumnya hanya pada kondisi operasi. Untuk kondisi *hydrotest* tidak dimodelkan karena perhitungan pada kondisi *hydrotest* sifatnya hanya pengujian diawal saja. Selain gaya dan momen, inputan yang lain yaitu beban *bolt*. Beban pada *bolt* diperlukan karena untuk mengikat riser clamp memerlukan *bolt*. Total *bolt* pada clamp berjumlah 8 dengan total beban sebesar 122,4 KN seperti pada Gambar 4.6. Model *hanger weight clamp* sebelum dinalisa di Ansys, pemodelannya dilakukan menggunakan Autocad 3D yang nantinya di *import* ke dalam bentuk IGES (.igs) supaya bisa di analisa di Ansys ditunjukkan pada Gambar 4.5.

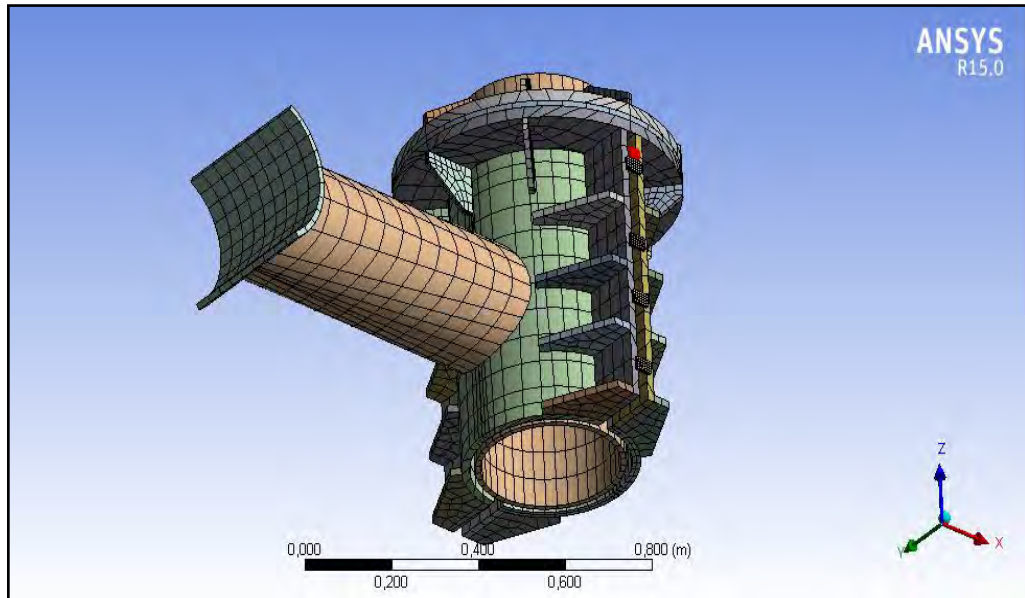


Gambar 4.5 Model *Riser Clamp* pada Autocad 3D

4.2.3.1 *Meshing Sensitivity Analysis*

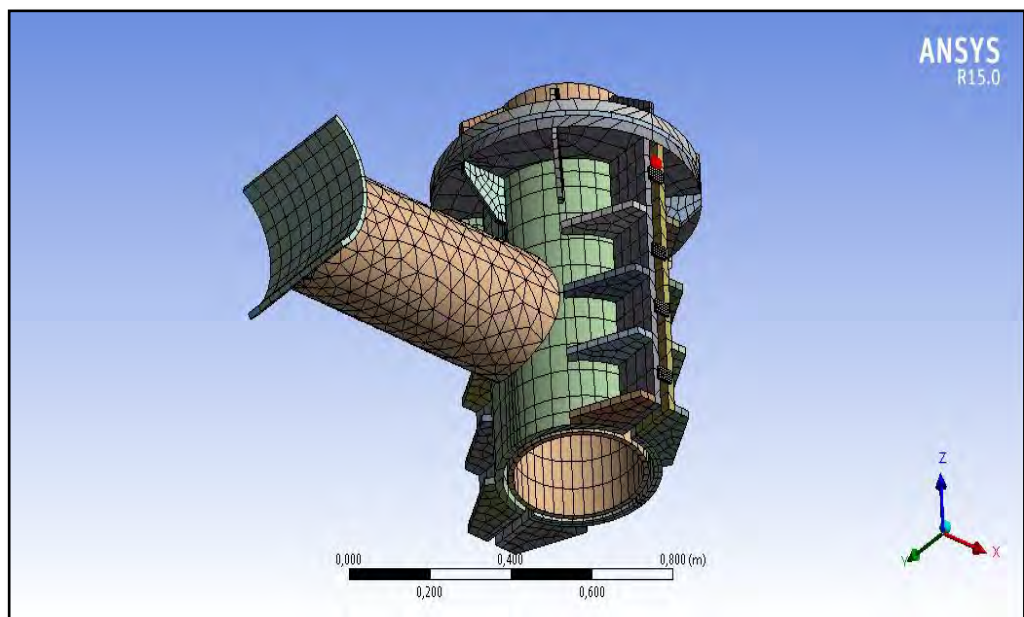
Sebelum melakukan pembebanan pada Ansys, hal yang dilakukan terlebih dahulu yaitu *meshing* struktur. *Meshing* yaitu membagi sebuah objek atau struktur menjadi bagian kecil-kecil. Untuk menentukan ukuran *meshing*, terlebih dahulu dilakukan *mesh sensitivity analysis*. *Mesh sensitivity analysis* dilakukan untuk mendapatkan ukuran *meshing* yang tepat sehingga *output* yang dihasilkan hasilnya tidak banyak perubahan. *Mesh sensitivity analysis* dalam pemodelan *riser clamp* ini dilakukan dengan tiga (3) variasi *meshing* yaitu :

- a. *Meshing default* dari Ansys 15.0 ditunjukkan pada Gambar 4.6 dibawah ini.



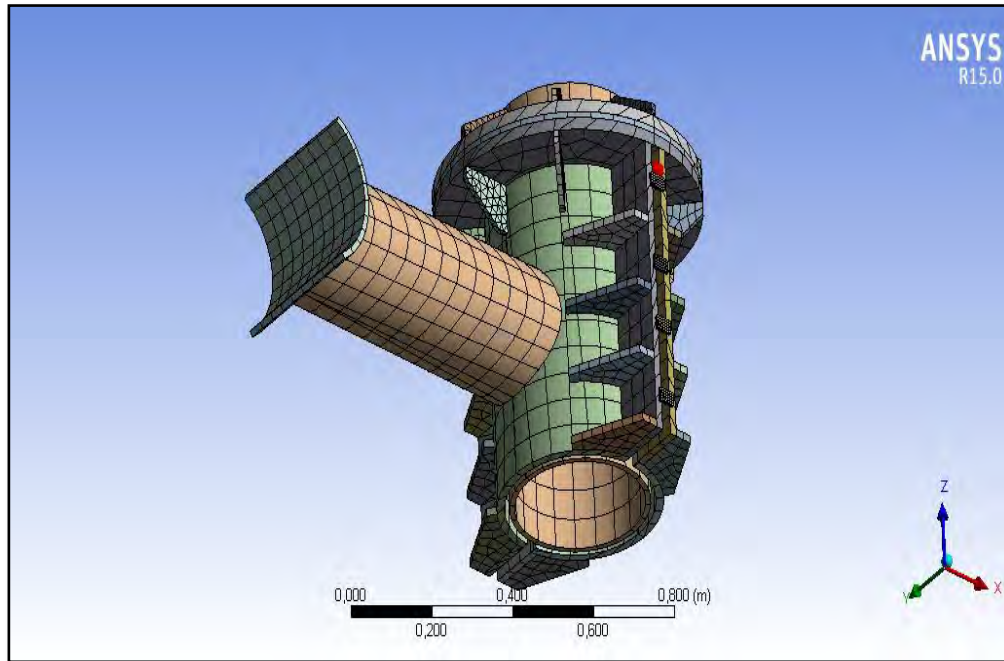
Gambar 4.6 *Meshing Default* dari Ansys 15.0

b. *Meshing* dengan *size soft* ditunjukkan pada Gambar 4.7 dibawah ini.



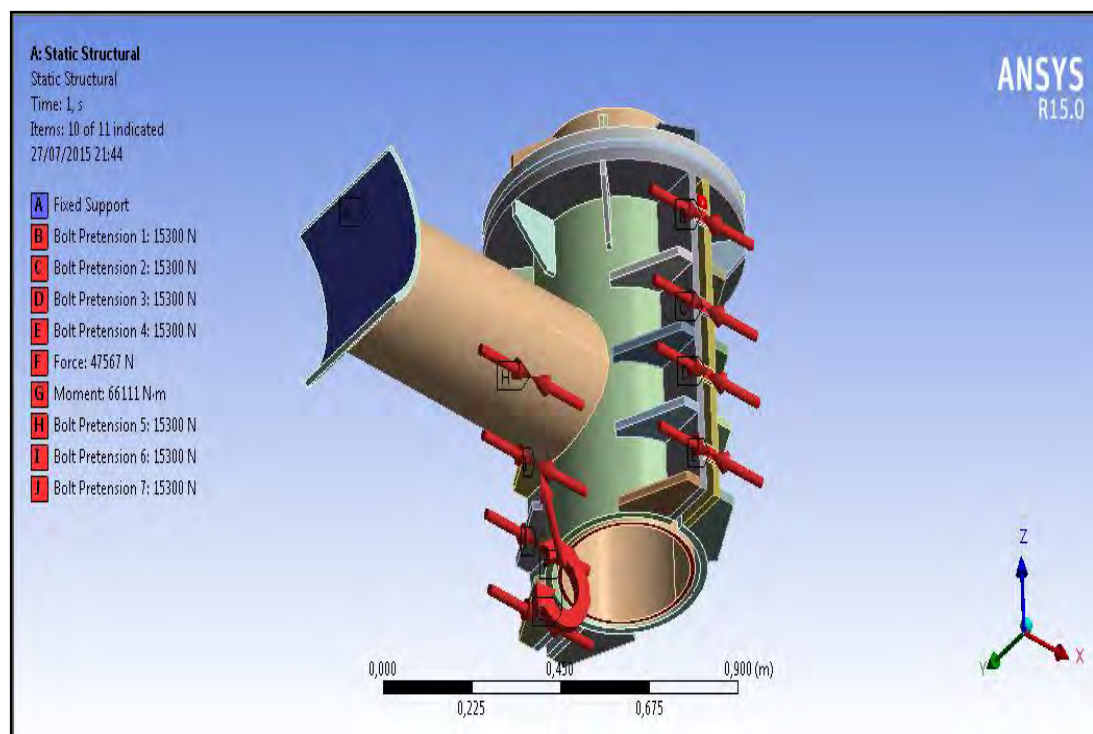
Gambar 4.7 *Meshing* dengan *Size Soft*

c. *Meshing* dengan *size rough* ditunjukkan pada Gambar 4.8 dibawah ini.



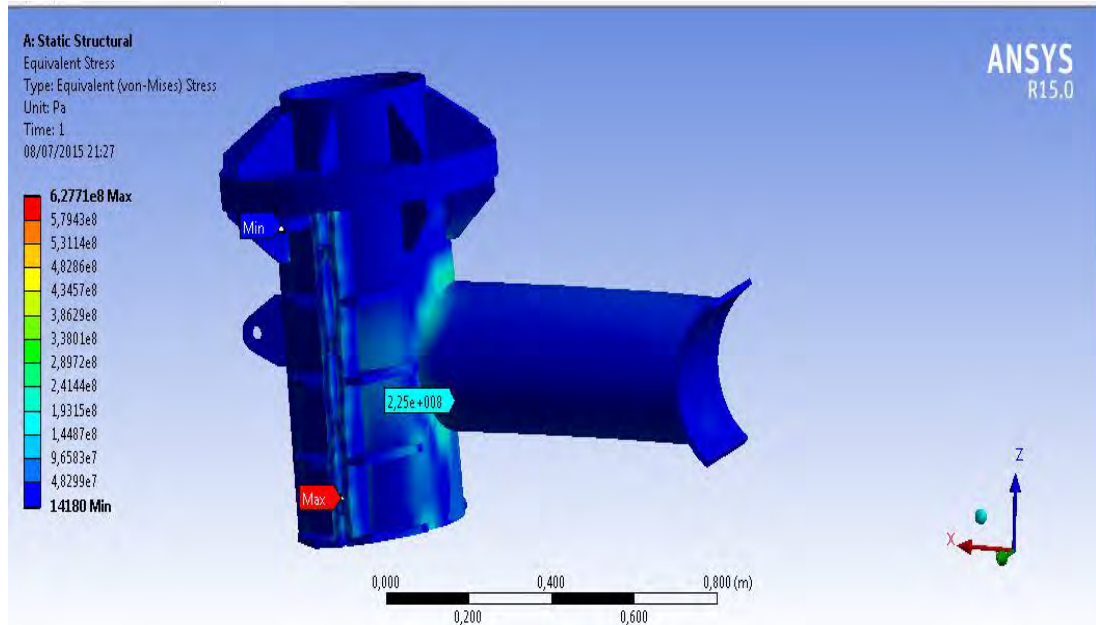
Gambar 4.8 Meshing dengan Size Rough

Berikut pembebanan pada *riser clamp* menggunakan software Ansys 15 pada Gambar 4.9.



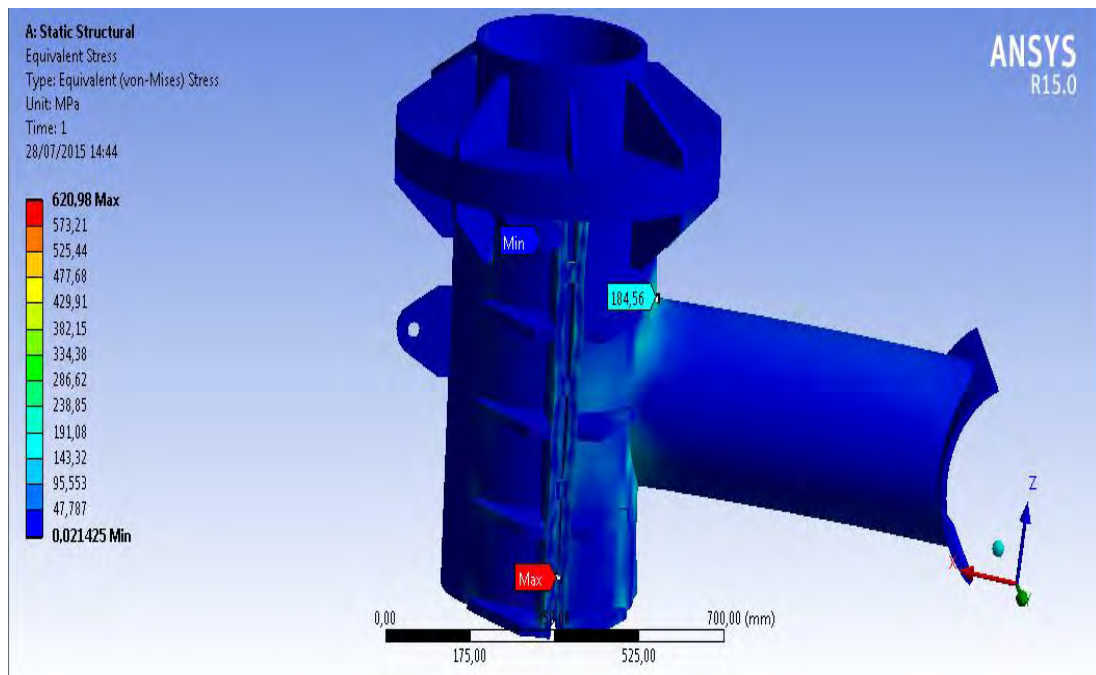
Gambar 4.9 Model *Riser Clamp* serta Pembebananya pada Ansys 15

Berikut ini Gambar 4.10 hasil tegangan *von misses* yang terjadi pada *riser clamp* dengan *meshing default* dari Ansys 15.



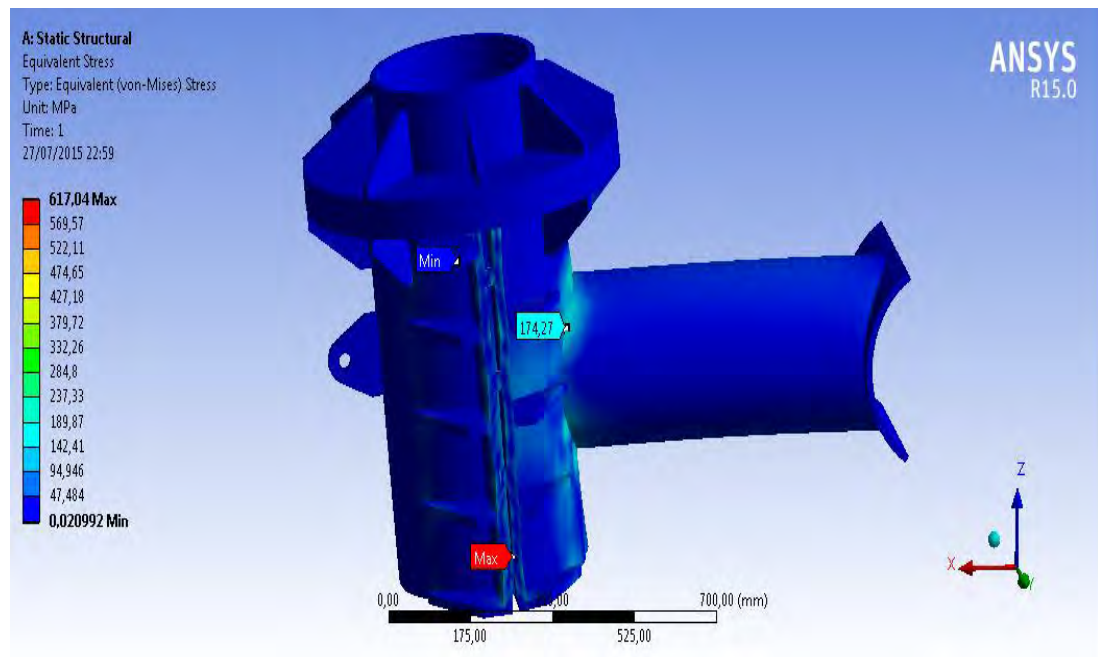
Gambar 4.10 Hasil Tegangan *Von Misses* *Riser Clamp* dengan *Meshing Default*

Berikut ini Gambar 4.11 hasil tegangan *von misses* yang terjadi pada *riser clamp* dengan *meshing soft* dari Ansys 15.



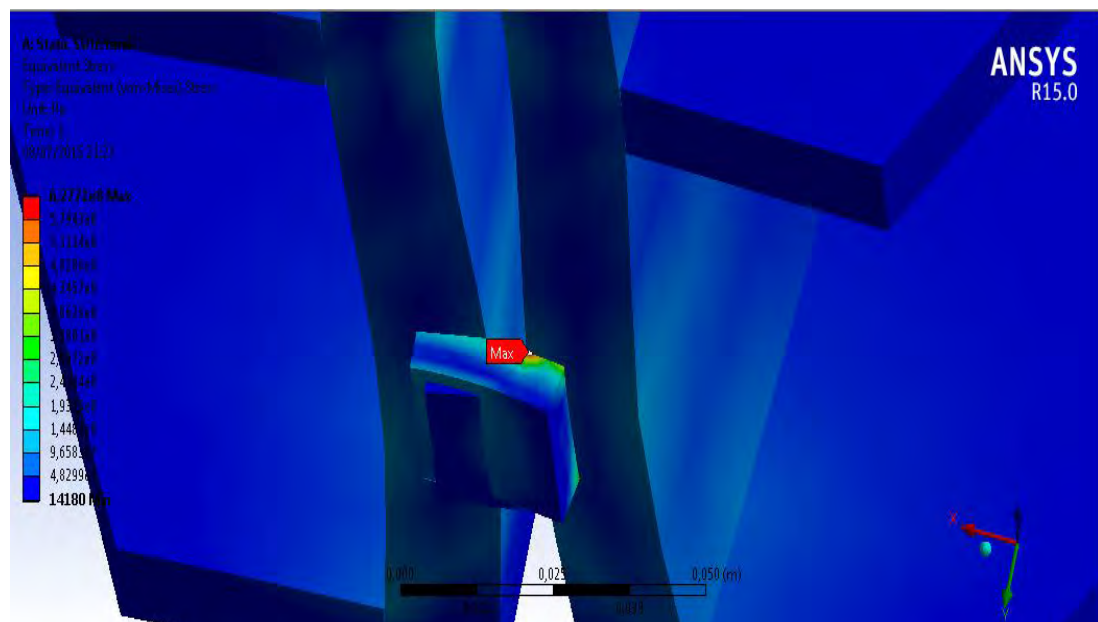
Gambar 4.11 Hasil Tegangan *Von Misses* *Riser Clamp* dengan *Meshing Soft*

Berikut ini Gambar 4.11 hasil tegangan *von misses* yang terjadi pada *riser clamp* dengan *meshing rough* dari Ansys 15.



Gambar 4.12 Hasil Tegangan *Von Misses* *Riser Clamp* dengan *Meshing Rough*

Dari Ketiga Gambar diatas, titik maksimum pada riser clamp lokasi titiknya sama yaitu pada *bolt* yang bawah. Berikut Gambar 4.13 detail lokasi tegangan maksimumnya.



Gambar 4.13 Detail lokasi Tegangan *Von Misses* Maksimum pada *Riser Clamp*

Berikut ini Tabel 4.12 hasil dari tegangan maksimum berdasarkan variasi *meshing*

Tabel 4.12 Hasil Tegangan *Von Misses* Maksimum

| Tipe Meshing | Tegangan Maksimum (MPa) | |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | <i>Riser Clamp</i> | <i>Bracing Clamp</i> |
| <i>Default</i> | 627,71 | 225 |
| <i>Soft</i> | 620,98 | 184,56 |
| <i>Rough</i> | 617,04 | 174,27 |

Dari Tabel diatas, tegangan *Von Misses* maksimum yang terjadi yaitu pada kondisi meshing default dari Ansys. Nilai tegangan *Von Misses* maksimum pada *Riser Clamp* yaitu sebesar 627,71 MPa dengan SMYS 720 MPa maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,872. Sedangkan untuk *bracing clamp* tegangan *Von Misses* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 225 MPa maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,313. Dari nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi pada *riser clamp* serta pada *bracing clamp* yang nilainya masih dibawah 1(satu), sehingga dapat disimpulkan bahwa *clamp* tersebut cukup aman untuk beroperasi.

4.3 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk mencocokkan hasil yang diperoleh dengan data sesungguhnya. Hasil perhitungan untuk desain *riser clamp* pada data proyek dilakukan dengan metode *in house validated* menggunakan *software* MATHCAD. Maka validasi dilakukan untuk mencocokkan data perhitungan manual dengan *software* ANSYS. Berikut Tabel 4.13 verifikasi pemodelannya.

Tabel 4.13 Verifikasi Hasil Pemodelan dengan Data Proyek

| Pemodelan ANSYS | | UC pemodelan ANSYS | UC proyek | Eror |
|--|---------|--------------------|-----------|--------|
| Tegangan Maksimum Guide Clamp (MPa) | 628 MPa | 0,872 | 0,802 | 0,08 % |
| Tegangan Maksimum <i>bracing Clamp</i> (MPa) | 225 Mpa | 0,313 | 0,367 | 0,14 % |

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir antara lain :

1. Analisa beban maksimum pada riser clamp dengan beban gabungan antara *pressure* dan beban lingkungan dari 4 arah yaitu 0° , 90° , 180° , dan 270° untuk kondisi *hydrottest* dan operasi diantaranya :
 - a. *Hanger Weight Clamp* beban maksimum pada kondisi *hydrottest* yaitu $F_x = -7446 \text{ N}$, $M_x = 35651 \text{ Nm}$, $F_y = 10793 \text{ N}$, $M_y = -663 \text{ Nm}$, $F_z = 20854 \text{ N}$, dan $M_z = -15756 \text{ Nm}$. Sedangkan untuk kondisi operasi yaitu $F_x = -27144 \text{ N}$, $M_x = 9738 \text{ Nm}$, $F_y = -37785 \text{ N}$, $M_y = -194 \text{ Nm}$, $F_z = -9906 \text{ N}$, dan $M_z = 65390$
 - b. *Riser guide clamp1* beban maksimum pada kondisi *hydrottest* yaitu $F_x = -2115 \text{ N}$, $M_x = -12204$, $F_y = 6380 \text{ N}$, $M_y = -663 \text{ Nm}$, $f_z = -2480 \text{ N}$, dan $M_z = 6588 \text{ Nm}$. Sedangkan untuk kondisi operasi yaitu $F_x = 12447 \text{ N}$, $M_x = 10672 \text{ Nm}$, $F_y = -6801 \text{ N}$, $M_y = -194 \text{ Nm}$, $F_z = 8156 \text{ N}$ dan $M_z = -32268 \text{ Nm}$
 - c. *Riser guide clamp2* beban maksimum pada kondisi *hydrottest* yaitu $F_x = -3120 \text{ N}$, $M_x = -15299 \text{ Nm}$, $F_y = 4200 \text{ N}$, $M_y = -663 \text{ Nm}$, $F_z = 1167 \text{ N}$, dan $M_z = 7952 \text{ Nm}$. Sedangkan untuk kondisi operasi yaitu $F_x = -7503 \text{ N}$, $M_x = 7630 \text{ Nm}$, $F_y = 5228 \text{ N}$, $M_y = -194 \text{ Nm}$, $F_z = 4727 \text{ N}$, dan $M_z = 13336 \text{ Nm}$
2. Analisa tegangan *VonMisses* maksimum pada *Riser Clamp* dilakukan hanya pada salah satu *Riser Clamp* yaitu pada *Hanger Weight Clamp*. Beban maksimum yang dimasukkan untuk analisa tegangan ini hanya pada saat kondisi operasi. Hasil tegangan *VonMisses* maksimum pada *Riser Clamp* yaitu sebesar 627,71 MPa dengan SMYS 720 MPa maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,872.
3. Analisa tegangan *VonMisses* maksimum *bracing clamp*nya yaitu sebesar 225,4 MPa maka nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi sebesar 0,313.

Dari nilai *Unity Check* (UC) yang terjadi pada *riser clamp* serta pada *bracing clamp* yang nilainya masih dibawah 1(satu), sehingga dapat disimpulkan bahwa *clamp* tersebut cukup aman untuk beroperasi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kekuatan struktur dari *riser clamp* sampai kondisi *fatigue*.
2. Perlu dilakukan pemodelan struktur *riser clamp* dengan tipe yang lain untuk membandingkan kekuatan dari *riser clamp* tersebut.
3. Perlu dilakukan analisa mengenai korosi pada *riser clamp* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineers (ASME).B31.4.2012.*Pipeline Transportation Systems for liquid Hydrocarbon and other liquids*. USA.
- American Petroleum Institute. 2000. *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform – Working Stress Design*. Recommended Practice 2A – WSD
- Dawson, Thomas H.,1983.*Offshore Structural Engineering*. Univercity Of Newfounland
- Guo, B., Shanhong S., Jacob C., Ali G.2005. *Offshore Pipelines*. Gulf Profesional Publishing, Burlington. USA.
- Kenny, J. P. 1993. *Structural Analysis of Pipeline Spans*. HSE Books. USA
- Mikael et al., 2005. *Design And Installation of Marine Pipeline*. Blackwell. Science,Oxford, UK.
- Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ). 2014. *Desain Riser dan Spool di ULA Platform*.
- Popov,E.P.1978.*Mechanism of Material, Edisi ke-2*. Prentice Hall, inc, Englewood Cliff, New Jersey.USA.
- Radiansah, A.F.2008.*Analisa Tegangan Riser Clamp pada Struktur Jacket ZUA*, Tugas Akhir: Jurusan Teknik Kelautan.
- Shell. 1999. *Manual Resir Design*. Shell International Oil Product B.V and Shell International Exploration and Production B.V. The Hague, Netherland.
- Soegion. 2007. *Pipa Laut*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta

LAMPIRAN A
INPUT AUTOPIPE

```
-----
coba
07/28/2015 RISER
BENTLEY
07:24 AM
AutoPIPE Nuclear 9.6.0.15
-----
```

[illegible]

Pipe Stress Analysis and Design Program

Version: 09.06.00.15

Edition: Nuclear

Developed and Maintained by

BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED
1600 Riviera Ave., Suite 300
Walnut Creek, CA 94596

coba
07/28/2015 RISER
BENTLEY
07:24 AM
AutoPIPE Nuclear 9.6.0.15

**
**
**
**

AUTOPIPE SYSTEM INFORMATION

SYSTEM NAME : OPERASI

PROJECT ID : RISER

PREPARED BY : _____
ITA

CHECKED BY : _____

1ST APPROVER : _____
PAK HANDAYANU

2ND APPROVER : _____
PAK IMAM

PIPING CODE : B31.4 Offshore

YEAR : 2006

VERTICAL AXIS : Y

AMBIENT TEMPERATURE : 22.2 deg C

COMPONENT LIBRARY : AUTOPIPE

MATERIAL LIBRARY : B314-12

MODEL REVISION NUMBER : 222

C O M P O N E N T D A T A L I S T I N G

*** SEGMENT A

From A00 to A01, DY= -1500.00 mm
Run

PIPE DATA:
Pipe Id= 0, Material= 5LX-X52, Poisson= 0.300, Nom Size= Non-standard,
OD= 323.90 mm, Sch= Non-standard,
Wall Thk= 14.270 mm, Mill= 0.300 mm, Cor= 3.000 mm, Pipe Density= 7833.03
kg/m3, Pipe Unit Wgt= 1066.27 N/m,
Insul Thk= 0 mm, Cladding Thickness = 0 mm, Lining Thk= 0 mm, Long Weld
factor= 1.00, Circ Weld factor= 1.00,
Long Modulus= 0.20340 E6 N/mm2, Hoop Modulus= 0.20340 E6 N/mm2, Shear
Modulus= 0.07823 E6 N/mm2,
Syc= 358.5 N/mm2

OPERATING DATA:
Pl= 1.1000 N/mm2, Tl= 44.40 deg C, Exp1= 0.26728 mm/m, E1= 0.20183 E6
N/mm2, Syl= 358.53 N/mm2

POINT DATA:
A00, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= 0.00 mm, Z= 0.00 mm

SUPPORT DATA:
A00, Anchor, Tag No.= A, KTX= Rigid, KTY= Rigid, KTZ= Rigid, KRX= Rigid,
KRY= Rigid, KRZ= Rigid,
Hanger design release= Y/YY

From A01 to A02, DX= 837.33 mm, DY= -366.44 mm, L= 914.00 mm
Bend

COMPONENT DATA (Bend, TIP= A01, Near= A01 N, Far= A01 F):
Long Elbow, Radius= 457.20 mm, Bend angle= 66.36 deg, End flanges= 0,
Flex= Auto, SIFI= 2.14, SIFO= 1.79

POINT DATA:
A01, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -1500.00 mm, Z= 0.00 mm
A01 N, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -1201.02 mm, Z= 0.00 mm
A01 F, Coordinates, X= 273.90 mm, Y= -1619.87 mm, Z= 0.00 mm

From A02 to A03, DY= -914.00 mm
Bend

COMPONENT DATA (Bend, TIP= A02, Near= A02 N, Mid= A02 M, Far= A02 F):
Long Elbow, Radius= 457.20 mm, Bend angle= 66.36 deg, Mid point at 50.00
percent, End flanges= 0, Flex= Auto,
SIFI= 2.14, SIFO= 1.79

POINT DATA:
A02, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -1866.44 mm, Z= 0.00 mm
A02 N, Coordinates, X= 563.43 mm, Y= -1746.57 mm, Z= 0.00 mm
A02 M, Coordinates, X= 762.78 mm, Y= -1915.19 mm, Z= 0.00 mm
A02 F, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -2165.42 mm, Z= 0.00 mm

From A03 to A04, DY= -610.00 mm
Run

POINT DATA:
A03, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -2780.44 mm, Z= 0.00 mm
A03, Flange= WELDNECK, Rating= 900, Flange Weight= 168.74 kg, Bolt/Nut
Weight= 84.37 kg, End type= Weld neck,
SIF= 1.00, Perform ANSI check= No

C O M P O N E N T D A T A L I S T I N G

From A04 to SWL, DY= -3048.00 mm
Run

POINT DATA:
A04, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -3390.44 mm, Z= 0.00 mm
SWL, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -6438.44 mm, Z= 0.00 mm

SUPPORT DATA:
A04, Guide, Support Id= 10, Connected to Ground, Tag No.= CLAMP 1, Weight
= 0.000 kg, Stiffness= RIGID,
Gap -Z= 50.00 mm, Gap +Z= 0.00 mm, Gap -X= 1.00 mm, Gap +X= 5.00 mm,
Friction= 0.20,
Gaps setting= Weightless
A04, Line Stop, Support Id= A04 1, Connected to Ground, Tag No.= CLAMP
1, Weight = 0.000 kg,
Stiffness= RIGID, Gap-Back= 10000.00 mm, Gap-Forward= 0.00 mm, Gaps
setting= Weightless

*** SEGMENT B

From SWL to A05, DY= -3600.00 mm
Junc

PIPE DATA:
Pipe Id= 0, Nom Size= Non-standard, Sch= Non-standard, Mill= 0.300 mm,
Cor= 3.000 mm,
Pipe Density= 7833.03 kg/m3, Pipe Unit Wgt= 1066.27 N/m

POINT DATA:
SWL, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -6438.44 mm, Z= 0.00 mm

From A05 to A06, DY= -1277.00 mm
Run

POINT DATA:
A05, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -10038.44 mm, Z= 0.00 mm

From A06 to A07, DY= -4572.00 mm
Run

POINT DATA:

A06, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -11315.44 mm, Z= 0.00 mm

SUPPORT DATA:

A06, Guide, Support Id= 11, Connected to Ground, Tag No.= CLAMP 2, Weight
= 0.000 kg, Stiffness= RIGID,
Gap -Z= 100.00 mm, Gap +Z= 0.00 mm, Gap -X= 50.00 mm, Gap +X= 0.00 mm,
Friction= 0.20,
Gaps setting= Weightless

From A07 to A08, DY= -4572.00 mm
Run

POINT DATA:

A07, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -15887.44 mm, Z= 0.00 mm

From A08 to A09, DY= -4339.00 mm
Run

POINT DATA:

C O M P O N E N T D A T A L I S T I N G

A08, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -20459.44 mm, Z= 0.00 mm

SUPPORT DATA:

A08, Guide, Support Id= A08 1, Connected to Ground, Tag No.= CLAMP 3,
Weight = 0.000 kg, Stiffness= RIGID,
Gap -Z= 100.00 mm, Gap +Z= 0.00 mm, Gap -X= 50.00 mm, Gap +X= 0.00 mm,
Friction= 0.20,
Gaps setting= Weightless

From A09 to A10, DY= -4339.00 mm
Run

POINT DATA:

A09, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -24798.44 mm, Z= 0.00 mm

From A10 to A11, DX= 2438.68 mm, DY= -213.37 mm, L= 2448.00 mm
Bend

COMPONENT DATA (Bend, TIP= A10, Near= A10 N, Far= A10 F):

Long Elbow, Radius= 457.20 mm, Bend angle= 85.00 deg, End flanges= 0,
Flex= Auto, SIFI= 2.14, SIFO= 1.79

POINT DATA:

A10, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -29137.44 mm, Z= 0.00 mm
A10 N, Coordinates, X= 837.33 mm, Y= -28718.49 mm, Z= 0.00 mm
A10 F, Coordinates, X= 1254.68 mm, Y= -29173.96 mm, Z= 0.00 mm

From A11 to A12, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:
A11, Coordinates, X= 3276.01 mm, Y= -29350.81 mm, Z= 0.00 mm
A11, Flange= WELDNECK, Rating= 900, Flange Weight= 168.74 kg, Bolt/Nut
Weight= 84.37 kg, End type= Weld neck,
SIF= 1.00, Perform ANSI check= No

SOIL DATA:
Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm
Horz K1= 0.926 N/mm/mm, Horz P1= 5501.726 N/m, Horz K2= 0.000 N/mm/mm,
Long K1= 0.677 N/mm/mm,
Long P1= 6209.731 N/m, Long k2= 0.000 N/mm/mm, Vert Up K1= 0.127 N/mm/mm,
Vert Up P1= 3411.433 N/m,
Vert Up K2= 0.000 N/mm/mm, Vert Dn K1= 0.323 N/mm/mm, Vert Dn P1=
13080.343 N/m, Vert Dn K2= 0.000 N/mm/mm

From A12 to A13, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:
A12, Coordinates, X= 10249.37 mm, Y= -29960.94 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:
Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A13 to A14, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:
A13, Coordinates, X= 17222.73 mm, Y= -30571.07 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:
Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

C O M P O N E N T D A T A L I S T I N G

From A14 to A15, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:
A14, Coordinates, X= 24196.09 mm, Y= -31181.20 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:
Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A15 to A16, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:
A15, Coordinates, X= 31169.45 mm, Y= -31791.33 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:
Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A16 to A17, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:

A16, Coordinates, X= 38142.81 mm, Y= -32401.46 mm, Z= 0.00 mm
A16, Flange= WELDNECK, Rating= 900, Flange Weight= 168.74 kg, Bolt/Nut
Weight= 84.37 kg, End type= Weld neck,
SIF= 1.00, Perform ANSI check= No

SOIL DATA:

Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A17 to A18, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:

A17, Coordinates, X= 45116.17 mm, Y= -33011.59 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:

Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A18 to A19, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:

A18, Coordinates, X= 52089.53 mm, Y= -33621.72 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:

Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

From A19 to A20, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:

A19, Coordinates, X= 59062.89 mm, Y= -34231.85 mm, Z= 0.00 mm

SOIL DATA:

Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

C O M P O N E N T D A T A L I S T I N G

From A20 to A21, DX= 6973.36 mm, DY= -610.13 mm, L= 7000.00 mm
Run

POINT DATA:

A20, Coordinates, X= 66036.25 mm, Y= -34841.98 mm, Z= 0.00 mm
A21, Coordinates, X= 73009.62 mm, Y= -35452.11 mm, Z= 0.00 mm

SUPPORT DATA:

A21, Anchor, Tag No.= 1, KTX= Rigid, KTY= Rigid, KTZ= Rigid, KRX= Rigid,
KRY= Rigid, KRZ= Rigid,
Hanger design release= Z/ZZ

SOIL DATA:

Soil Id= SOIL, 6 point(s) at 1000.00 mm

Soil Id= SOIL, End at A21

Number of points in the system (Pipe + Frame + Soil): 34 + 0 + 60 = 94

Weight of Empty Pipes + Weight of Contents = Total Weight of System
11832.1 kg + 0.0 kg = 11832.1 kg

C O O R D I N A T E S D A T A L I S T I N G

| POINT | -----COORDINATE (mm) | | |
|---------------|----------------------|-----------|-------|
| NAME | X | Y | Z |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| *** SEGMENT A | | | |
| A00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| A01 N | 0.00 | -1201.02 | 0.00 |
| A01 | 0.00 | -1500.00 | 0.00 |
| A01 F | 273.90 | -1619.87 | 0.00 |
| A02 N | 563.43 | -1746.57 | 0.00 |
| A02 | 837.33 | -1866.44 | 0.00 |
| A02 M | 762.78 | -1915.19 | 0.00 |
| A02 F | 837.33 | -2165.42 | 0.00 |
| A03 | 837.33 | -2780.44 | 0.00 |
| A04 | 837.33 | -3390.44 | 0.00 |
| SWL | 837.33 | -6438.44 | 0.00 |
| *** SEGMENT B | | | |
| SWL | 837.33 | -6438.44 | 0.00 |
| A05 | 837.33 | -10038.44 | 0.00 |
| A06 | 837.33 | -11315.44 | 0.00 |
| A07 | 837.33 | -15887.44 | 0.00 |
| A08 | 837.33 | -20459.44 | 0.00 |
| A09 | 837.33 | -24798.44 | 0.00 |
| A10 N | 837.33 | -28718.49 | 0.00 |
| A10 | 837.33 | -29137.44 | 0.00 |
| A10 F | 1254.68 | -29173.96 | 0.00 |
| A11 | 3276.01 | -29350.81 | 0.00 |
| A12 | 10249.37 | -29960.94 | 0.00 |
| A13 | 17222.73 | -30571.07 | 0.00 |
| A14 | 24196.09 | -31181.20 | 0.00 |
| A15 | 31169.45 | -31791.33 | 0.00 |
| A16 | 38142.81 | -32401.46 | 0.00 |
| A17 | 45116.17 | -33011.59 | 0.00 |
| A18 | 52089.53 | -33621.72 | 0.00 |
| A19 | 59062.89 | -34231.85 | 0.00 |
| A20 | 66036.25 | -34841.98 | 0.00 |
| A21 | 73009.62 | -35452.11 | 0.00 |

S E G M E N T D A T A L I S T I N G

| Segment Name | First Node | Last Node | Line Number | Apply Wind | Apply Bowing | Apply Buoyancy |
|-----------------|---------------|--------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|
| A | A00 | SWL | | No | No | No |
| B | SWL | A21 | | No | No | Yes |

M A T E R I A L D A T A L I S T I N G

| Material Expans. | Composition Name | Pipe ID | Density kg/m3 | Pois. Ratio | Temper. deg C | Modulus E6 Axial | N/mm2 Hoop | Shear | mm/m |
|---------------------|---------------------|---------|------------------|----------------|------------------|---------------------|---------------|---------|------|
| 5LX-X52 | 0 | | 7850.0 | 0.30 | 22.2 | 0.20340 | 0.20340 | 0.07823 | |
| | | | | | 44.4 | 0.20183 | | | |
| 0.2673 | | | | | | | | | |

M A T E R I A L A L L O W A B L E D A T A L I S T I N G

| Material Name | Pipe ID | Temper. deg C | Yield N/mm2 |
|------------------|---------|------------------|----------------|
| 5LX-X52 | 0 | 22.2 | 360 |

O P E R A T I N G T E M P E R A T U R E A N D P R E S S U R E D A T A S T R E S S E S I N N / m m 2

| POINT NAME | CASE | PRESS. N/mm2 | TEMPER deg C | EXPAN. mm/m | MODULUS E6 N/mm | YIELD STRESS |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| *** SEGMENT A | | | | | | |
| A00 | T1 | 1.1000 | 44.40 | 0.267 | 0.20183 | 358.53 |
| SWL | Same as previous point. | | | | | |
| *** SEGMENT B | | | | | | |
| SWL | T1 | 1.1000 | 44.40 | 0.267 | 0.20183 | 358.53 |
| A21 | Same as previous point. | | | | | |

S O I L D A T A L I S T I N G

S O I L S T I F F N E S S P R O P E R T I E S (S O I L)

| Dirn | Auto | Initial K (N/mm/mm) | Auto | Yield P (N/m) | Final K (N/mm/mm) | Yield disp (mm) |
|----------------|------|-------------------------|------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| Low Stiffness | | | | | | |
| Horiz. | Y | 0.926 | Y | 5501.726 | 0.000 | 5.9437 |
| Long. | Y | 0.479 | Y | 6209.731 | 0.000 | 12.9560 |
| Vert. Up | Y | 0.095 | Y | 3411.433 | 0.000 | 35.8100 |
| Vert. Dn | Y | 0.269 | Y | 13080.343 | 0.000 | 48.5607 |
| High Stiffness | | | | | | |
| Horiz. | Y | 0.926 | Y | 5501.726 | 0.000 | 5.9437 |
| Long. | Y | 1.150 | Y | 6209.731 | 0.000 | 5.3983 |
| Vert. Up | Y | 0.191 | Y | 3411.433 | 0.000 | 17.9050 |

| | | | | | |
|-------------------|-------|---|-----------|-------|---------|
| Vert. Dn Y | 0.404 | Y | 13080.343 | 0.000 | 32.3900 |
| Average Stiffness | | | | | |
| Horiz. Y | 0.926 | Y | 5501.726 | 0.000 | 5.9437 |
| Long. Y | 0.677 | Y | 6209.731 | 0.000 | 9.1772 |
| Vert. Up Y | 0.127 | Y | 3411.433 | 0.000 | 26.8575 |
| Vert. Dn Y | 0.323 | Y | 13080.343 | 0.000 | 40.4754 |

SOIL PARAMETERS (SOIL)

Calculation Method : AutoPIPE
Soil Type : Soft Clay
Pipe Direction : Horizontal

| Parameters | Low | High |
|---|---------|---------|
| Average | | |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | | |
| Outside Diameter, D [mm] | 323.90 | |
| Depth to Centerline, H [mm] | 341.00 | |
| Effective Unit Wt. above pipe [kg/m3] | 1601.85 | 1601.85 |
| 1601.85 | | |
| Effective Unit Wt. below pipe [kg/m3] | 815.70 | 815.70 |
| 815.70 | | |
| Dry Unit Wt. above pipe [kg/m3] | 1601.85 | 1601.85 |
| 1601.85 | | |
| Soil Cohesion, c [N/m2] | 6000.00 | 6000.00 |
| 6000.00 | | |
| Friction Angle, phi [deg] | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | | |
| Clay undrained shear strength, Su [N/m2] | 6000.00 | 6000.00 |
| 6000.00 | | |
| Horizontal Stiffness Parameter, ki [lb/in3] | 10.00 | 10.00 |
| 10.00 | | |
| Longitudinal Yield Displacement, ylL [mm] | 5.40 | 12.96 |
| 9.18 | | |
| Vertical Up Yield Displacement, ylu [mm] | 17.90 | 35.81 |
| 26.86 | | |
| Vertical Dn Yield Displacement, yld [mm] | 32.39 | 48.56 |
| 40.48 | | |

Computed soil parameters (AutoPIPE Method):

| | | | |
|---------------|-----------------------------|---------|---------|
| Longitudinal | Adhesion alpha | 1.02 | 1.02 |
| 1.02 | | | |
| | Pipe/Soil delta=f*phi [deg] | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Horizontal | Rc | 2.83 | 2.83 |
| 2.83 | | | |
| | Rs | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | | | |
| Vertical Up | Fc | 1.02 | 1.02 |
| 1.02 | | | |
| | Fq | 0.37 | 0.37 |
| 0.37 | | | |
| | Soil Weight on top Ws [N/m] | 1087.85 | 1087.85 |
| 1087.85 | | | |
| Vertical Down | Nc (Saturated if phi=0) | 6.73 | 6.73 |
| 6.73 | | | |

 VIRTUAL ANCHOR DATA (SOIL)

Pipe Identifier : 0
 Point name for temp. data : A01 N
 Operating Case : OP1
 Thermal Expansion : 0.267 mm/m
 Temperature Change : 23.300 deg C
 Operating Pressure : 1.100 N/mm2
 Virtual Anchor lengths Lm : 63717.574 mm
 La : 127435.15 mm
 Lb : 5627.165 mm

L O A D S S U M M A R Y D A T A L I S T I N G

WAVE LOAD : WAVE 1

Wave Type : Stokes Load case : User 1

Water - Elevation : -1890.00 mm
 Depth : 23523.00 mm
 Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 8625.84 mm
 Period : 9.40 sec
 Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 0.70
 Inertia coefficient : 2.00

Direction - X= 1.000 Y= 0.000 Z= 0.000

| Water Depth (mm) | Current Velocity (mm/s) | Marine Growth (mm) |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ----- | ----- | ----- |
| 0.00 | 1219.20 | 50.80 |
| 5880.75 | 1005.84 | 50.80 |
| 11761.50 | 792.48 | 50.80 |
| 17642.25 | 640.08 | 50.80 |
| 23523.00 | 304.80 | 50.80 |

L O A D S S U M M A R Y D A T A L I S T I N G

WAVE LOAD : WAVE 2

Wave Type : Stokes Load case : User 2

Water - Elevation : -1890.00 mm
 Depth : 23523.00 mm
 Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 8625.84 mm
 Period : 9.40 sec
 Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 0.70
 Inertia coefficient : 2.00

Direction - X= 0.000 Y= 0.000 Z= 1.000

| Water Depth (mm) | Current Velocity (mm/s) | Marine Growth (mm) |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ----- | ----- | ----- |
| 0.00 | 1219.20 | 50.80 |
| 5880.75 | 1005.84 | 50.80 |
| 11761.50 | 792.48 | 50.80 |
| 17642.25 | 640.08 | 50.80 |
| 23253.00 | 304.80 | 50.80 |

L O A D S S U M M A R Y D A T A L I S T I N G

WAVE LOAD : WAVE 3

Wave Type : Stokes Load case : User 3

Water - Elevation : -1890.00 mm
 Depth : 23523.00 mm
 Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 8625.84 mm
 Period : 9.40 sec
 Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 0.70
 Inertia coefficient : 2.00

Direction - X= -1.000 Y= 0.000 Z= 0.000

| Water Depth (mm) | Current Velocity (mm/s) | Marine Growth (mm) |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ----- | ----- | ----- |
| 0.00 | 1219.20 | 50.80 |
| 5880.75 | 1005.84 | 50.80 |
| 11761.50 | 792.48 | 50.80 |
| 17642.25 | 640.08 | 50.80 |
| 23523.00 | 304.80 | 50.80 |

L O A D S S U M M A R Y D A T A L I S T I N G

WAVE LOAD : WAVE 4

Wave Type : Stokes Load case : User 4

Water - Elevation : -1890.00 mm
 Depth : 23523.00 mm
 Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 8625.84 mm
 Period : 9.40 sec
 Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 0.70
 Inertia coefficient : 2.00

Direction - X= 0.000 Y= 0.000 Z= -1.000

| Water Depth (mm) | Current Velocity (mm/s) | Marine Growth (mm) |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ----- | ----- | ----- |
| 0.00 | 1219.20 | 50.80 |
| 5880.75 | 1005.84 | 50.80 |
| 11761.50 | 792.48 | 50.80 |
| 17642.25 | 640.08 | 50.80 |
| 23523.00 | 304.80 | 50.80 |

S U P P O R T D A T A L I S T I N G

| Point | Support | Support | Conn.to | Weight | Stiff. | Gap 1 | Gap 2 | Fric. |
|--------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| GapSet | Preload | Ld.Var | Size | Figure | | | | |
| Name | Type | ID | /Dir | (kg) | | (mm) | (mm) | Fact. |
| /#hgr | (N) | | | | | | | |

```

Tag No.: CLAMP 1
A04 Guide-V 10 Ground 0.000 Rigid 50.0 0.0 0.20
Weightless
Guide-H 10 Ground 0.000 Rigid 1.0 5.0 0.20
Weightless
Gap Dir.: (Gap1_V=-Z, Gap2_V=+Z, Gap1_H=-X, Gap2_H=+X)

```

```

Tag No.: CLAMP 1
A04 Linestop A04 1 Ground 0.000 Rigid 10000.0 0.0
Weightless

```

```

Tag No.: CLAMP 2
A06 Guide-V 11 Ground 0.000 Rigid 100.0 0.0 0.20
Weightless
Guide-H 11 Ground 0.000 Rigid 50.0 0.0 0.20
Weightless
Gap Dir.: (Gap1_V=-Z, Gap2_V=+Z, Gap1_H=-X, Gap2_H=+X)

```

```

Tag No.: CLAMP 3
A08 Guide-V A08 1 Ground 0.000 Rigid 100.0 0.0 0.20
Weightless
Guide-H A08 1 Ground 0.000 Rigid 50.0 0.0 0.20
Weightless
Gap Dir.: (Gap1_V=-Z, Gap2_V=+Z, Gap1_H=-X, Gap2_H=+X)

```

Spring Manufacturer: Anvil/Grinnell

NOTE 1: Soil supports are present but not listed.

Gap 1 : V-stop,Guide-V=down, Linestop,Incline,Tie/link=backward, Guide-H=Left

Gap 2 : V-stop,Guide-V=Up , Linestop,Incline,Tie/link=forward , Guide-H=Right

Stiffness units for rotation support: N.m/deg , all others: N/mm

B E N D D A T A L I S T I N G

| Point | Bend | Radius | Angle | OD | tnom | Material | Flan^ | SIF | SIF | |
|----------|-------------|----------|-------|-------|------|----------|-------|------|------|---|
| Analysis | Flexibility | Pressure | Case | | | | | | | |
| Name | Type | (mm) | (deg) | (mm) | (mm) | | /Cuts | in | out | |
| Set | | (K) | | | | | | | | |
| A01 | Elbow | 457L | 66.4 | 323.9 | 14.3 | 5LX-X52 | 0/0 | 2.11 | 1.76 | 1 |
| 5.99 | P1 | | | | | | | | | |
| A02 | *Elbow | 457L | 66.4 | 323.9 | 14.3 | 5LX-X52 | 0/0 | 2.11 | 1.76 | 1 |
| 5.99 | P1 | | | | | | | | | |
| A10 | Elbow | 457L | 85.0 | 323.9 | 14.3 | 5LX-X52 | 0/0 | 2.11 | 1.76 | 1 |
| 5.99 | P1 | | | | | | | | | |

^ = Number of bend ends where either a flange or valve is within distance
 (L/D) x Nominal diameter, where L/D is defined under Tools > Model
 options > Edit
 * = Mid-point present
 L = Long radius

F L A N G E D A T A L I S T I N G

| Point | FLG | Dnom | Flange | Bolt | Size | Type | | | |
|------------------|-----|----------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
| ANSI | | | Weight | Weight | Joint | | /Avg. | /Max. | |
| Name | No. | Type | (mm) | Rating | (kg) | (kg) | Type | SIF | (mm) |
| Check | | | | | | | | | |
| Tag No. : <None> | | | | | | | | | |
| A03 | 1 | WELDNECK | NS | 900 | 168.74 | 84.37 | WN | 1.00 | No |
| Tag No. : 1 | | | | | | | | | |
| A11 | 1 | WELDNECK | NS | 900 | 168.74 | 84.37 | WN | 1.00 | No |
| Tag No. : 2 | | | | | | | | | |
| A16 | 1 | WELDNECK | NS | 900 | 168.74 | 84.37 | WN | 1.00 | No |

LAMPIRAN B
OUTPUT AUTOPIPE

```
-----
coba
07/28/2015 RISER
BENTLEY
07:24 AM
AutoPIPE Nuclear 9.6.0.15
-----
```

[illegible]

Pipe Stress Analysis and Design Program

Version: 09.06.00.15

Edition: Nuclear

Developed and Maintained by

BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED
1600 Riviera Ave., Suite 300
Walnut Creek, CA 94596

coba
07/28/2015 RISER
BENTLEY
07:24 AM
AutoPIPE Nuclear 9.6.0.15

**
**
**
**

AUTOPIPE SYSTEM INFORMATION

SYSTEM NAME : OPERASI

PROJECT ID : RISER

PREPARED BY : _____
ITA

CHECKED BY : _____

1ST APPROVER : _____
PAK HANDAYANU

2ND APPROVER : _____
PAK IMAM

PIPING CODE : B31.4 Offshore

YEAR : 2006

VERTICAL AXIS : Y

AMBIENT TEMPERATURE : 22.2 deg C

COMPONENT LIBRARY : AUTOPIPE

MATERIAL LIBRARY : B314-12

MODEL REVISION NUMBER : 222

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

| Point | | Load | | FORCES (N) | | | | |
|-------------------------|--|---------------|--------|-------------|--------|-------|--------|---|
| MOMENTS | | (N.m) | | | | | | |
| name | | combination | | X | Y | Z | Result | X |
| Y | | Z | Result | | | | | |
| ----- | | | | | | | | |
| - - - - - | | | | | | | | |
| *** Segment A begin *** | | | | | | | | |
| A00 | | Gravity{1} | | 31 | 1821 | 0 | 1821 | |
| 0 | | 0 58 | 58 | | | | | |
| | | Thermal 1{1} | | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | | 0 -9652 | 9652 | | | | | |
| | | Pressure 1{1} | | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | | 0 -370 | 370 | | | | | |
| | | User 1{1} | | -15921 | 23314 | 0 | 28231 | |
| 0 | | 0 -14715 | 14715 | | | | | |
| | | User 2{1} | | 3604 | -5846 | -3551 | 7731 | |
| 1911 | | -1956 3868 | 4737 | | | | | |
| | | User 3{1} | | -17189 | -8653 | 0 | 19244 | |
| 0 | | 0 -24898 | 24898 | | | | | |
| | | GP1{1} | | 56 | 1052 | 0 | 1054 | |
| 0 | | 0 -312 | 312 | | | | | |
| | | GP1T1{1} | | 550 | -21073 | 0 | 21080 | |
| 0 | | 0 -9963 | 9963 | | | | | |
| | | GP1T1U1{1} | | -15371 | 2241 | 0 | 15533 | |
| 0 | | 0 -24678 | 24678 | | | | | |
| | | GP1T1U2{1} | | 4155 | -26918 | -3551 | 27468 | |
| 1911 | | -1956 -6095 | 6681 | | | | | |
| | | GP1T1U3{1} | | -16638 | -29725 | 0 | 34065 | |
| 0 | | 0 -34861 | 34861 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| A01 N | | Gravity{1} | | 31 | 541 | 0 | 541 | |
| 0 | | 0 21 | 21 | | | | | |
| | | Thermal 1{1} | | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | | 0 -10245 | 10245 | | | | | |
| | | Pressure 1{1} | | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | | 0 -400 | 400 | | | | | |
| | | User 1{1} | | -12232 | 23314 | 0 | 26328 | |
| 0 | | 0 2150 | 2150 | | | | | |
| | | User 2{1} | | 3604 | -5846 | 138 | 6869 | - |
| 98 | | -1956 -461 | 2012 | | | | | |
| | | User 3{1} | | -20878 | -8653 | 0 | 22600 | |
| 0 | | 0 -1997 | 1997 | | | | | |
| | | GP1{1} | | 56 | -228 | 0 | 235 | |
| 0 | | 0 -379 | 379 | | | | | |
| | | GP1T1{1} | | 550 | -22353 | 0 | 22360 | |
| 0 | | 0 -10624 | 10624 | | | | | |
| | | GP1T1U1{1} | | -11681 | 960 | 0 | 11721 | |
| 0 | | 0 -8475 | 8475 | | | | | |
| | | GP1T1U2{1} | | 4155 | -28199 | 138 | 28504 | - |
| 98 | | -1956 -11085 | 11257 | | | | | |
| | | GP1T1U3{1} | | -20327 | -31006 | 0 | 37075 | |
| 0 | | 0 -12622 | 12622 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| A01 F | | Gravity{1} | | 31 | -24 | 0 | 39 | |
| 0 | | 0 -39 | 39 | | | | | |

GLOBAL FORCES & MOMENTS

| Point | Load | FORCES (N) | | | | |
|---------|-----------------|-------------|--------|------|--------|---|
| MOMENTS | (N.m) | | | | | |
| name | combination | X | Y | Z | Result | X |
| Y | Z Result | | | | | |
| ----- | | | | | | |
| ----- | | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 -4393 4393 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 -200 200 | | | | | |
| | User 1{1} | -11446 | 23828 | 0 | 26434 | |
| 0 | 0 652 652 | | | | | |
| | User 2{1} | 3500 | -5914 | 1644 | 7066 | |
| 235 | -1650 -338 1700 | | | | | |
| | User 3{1} | -21869 | -9301 | 0 | 23765 | |
| 0 | 0 9414 9414 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -793 | 0 | 795 | |
| 0 | 0 -239 239 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | -22918 | 0 | 22925 | |
| 0 | 0 -4632 4632 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -10895 | 910 | 0 | 10933 | |
| 0 | 0 -3979 3979 | | | | | |
| A02 N | Gravity{1} | 31 | -361 | 0 | 362 | |
| 0 | 0 13 13 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 1951 1951 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 20 20 | | | | | |
| | User 1{1} | -11433 | 23856 | 0 | 26455 | |
| 0 | 0 -4801 4801 | | | | | |
| | User 2{1} | 3451 | -6026 | 2520 | 7387 | |
| 499 | -1047 950 1499 | | | | | |
| | User 3{1} | -21978 | -9550 | 0 | 23963 | |
| 0 | 0 14920 14920 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -1130 | 0 | 1131 | |
| 0 | 0 32 32 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | -23255 | 0 | 23261 | |
| 0 | 0 1983 1983 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -10883 | 601 | 0 | 10900 | |
| 0 | 0 -2818 2818 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 4001 | -29281 | 2520 | 29660 | |
| 499 | -1047 2933 3154 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | -21428 | -32805 | 0 | 39183 | |
| 0 | 0 16903 16903 | | | | | |
| A02 M | Gravity{1} | 31 | -643 | 0 | 644 | 0 |
| 0 | 105 105 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 6278 6278 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 169 169 | | | | | |
| | User 1{1} | -11265 | 24055 | 0 | 26562 | |
| 0 | 0 -7663 7663 | | | | | |
| | User 2{1} | 3377 | -6113 | 3357 | 7749 | |
| 1002 | -468 1584 1932 | | | | | |

GLOBAL FORCES & MOMENTS

| Point | Load | FORCES (N) | | | | |
|---------|----------------|-------------|--------|-------|--------|-------|
| MOMENTS | (N.m) | | | | | |
| name | combination | X | Y | Z | Result | X |
| Y | Z Result | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | User 3{1} | -22288 | -9916 | 0 | 24394 | |
| 0 | 0 20593 20593 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -1412 | 0 | 1413 | |
| 0 | 0 274 274 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | -23537 | 0 | 23544 | |
| 0 | 0 6552 6552 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -10715 | 518 | 0 | 10727 | |
| 0 | 0 -1111 1111 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 3927 | -29650 | 3357 | 30097 | |
| 1002 | -468 8136 8211 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | -21738 | -33454 | 0 | 39896 | |
| 0 | 0 27145 27145 | | | | | |
| A02 F | Gravity{1} | 31 | -926 | 0 | 926 | |
| 0 | 0 153 153 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 7804 7804 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 220 220 | | | | | |
| | User 1{1} | -10471 | 24292 | 0 | 26453 | |
| 0 | 0 -6746 6746 | | | | | |
| | User 2{1} | 3326 | -6128 | 4290 | 8187 | |
| 1962 | -194 1202 2309 | | | | | |
| | User 3{1} | -23164 | -10177 | 0 | 25301 | |
| 0 | 0 27028 27028 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -1695 | 0 | 1696 | |
| 0 | 0 372 372 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | -23820 | 0 | 23826 | |
| 0 | 0 8176 8176 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -9921 | 472 | 0 | 9932 | |
| 0 | 0 1430 1430 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 3876 | -29948 | 4290 | 30501 | |
| 1962 | -194 9378 9583 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | -22614 | -33997 | 0 | 40831 | |
| 0 | 0 35204 35204 | | | | | |
| A03 - | Gravity{1} | 31 | -1581 | 0 | 1582 | 0 |
| 0 | 134 134 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 7499 7499 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 204 204 | | | | | |
| | User 1{1} | -8364 | 24292 | 0 | 25692 | |
| 0 | 0 -960 960 | | | | | |
| | User 2{1} | 3326 | -6128 | 6374 | 9447 | |
| 5248 | -194 -844 5319 | | | | | |
| | User 3{1} | -25218 | -10177 | 0 | 27194 | |
| 0 | 0 41912 41912 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -2350 | 0 | 2351 | |
| 0 | 0 338 338 | | | | | |

GLOBAL FORCES & MOMENTS

| Point | Load | FORCES (N) | | | | |
|---------|------------------|-------------|--------|-------|--------|-------|
| MOMENTS | (N.m) | | | | | |
| name | combination | X | Y | Z | Result | X |
| Y | Z Result | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| A04 - | Gravity{1} | 31 | -4714 | 0 | 4714 | |
| 0 | 0 115 115 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -22125 | 0 | 22130 | |
| 0 | 0 7198 7198 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -769 | 0 | 769 | |
| 0 | 0 189 189 | | | | | |
| | User 1{1} | -6388 | 24292 | 0 | 25118 | |
| 0 | 0 3534 3534 | | | | | |
| | User 2{1} | 3326 | -6128 | 8330 | 10863 | |
| 9738 | -194 -2872 10154 | | | | | |
| | User 3{1} | -27144 | -10177 | 0 | 28990 | |
| 0 | 0 57888 57888 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | -5483 | 0 | 5483 | |
| 0 | 0 304 304 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | -27608 | 0 | 27613 | |
| 0 | 0 7502 7502 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -5837 | -3316 | 0 | 6713 | |
| 0 | 0 11036 11036 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 3876 | -33736 | 8330 | 34965 | |
| 9738 | -194 4629 10784 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | -26594 | -37785 | 0 | 46206 | |
| 0 | 0 65390 65390 | | | | | |
| A04 + | Gravity{1} | 31 | 11129 | 0 | 11129 | |
| 0 | 0 115 115 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -3522 | 0 | 3556 | |
| 0 | 0 7198 7198 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -249 | 0 | 250 | |
| 0 | 0 189 189 | | | | | |
| | User 1{1} | -6388 | -6801 | 0 | 9330 | |
| 0 | 0 3534 3534 | | | | | |
| | User 2{1} | -225 | -4294 | -9906 | 10799 | |
| 9738 | -194 -2872 10154 | | | | | |
| | User 3{1} | 21244 | 3052 | 0 | 21462 | |
| 0 | 0 57888 57888 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | 10880 | 0 | 10880 | |
| 0 | 0 304 304 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | 7358 | 0 | 7379 | |
| 0 | 0 7502 7502 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | -5837 | 557 | 0 | 5864 | |
| 0 | 0 11036 11036 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 325 | 3064 | -9906 | 10374 | |
| 9738 | -194 4629 10784 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | 21795 | 10410 | 0 | 24153 | |
| 0 | 0 65390 65390 | | | | | |
| SWL | Gravity{1} | 31 | 7879 | 0 | 7879 | |
| 0 | 0 21 21 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -3522 | 0 | 3556 | |
| 0 | 0 5691 5691 | | | | | |

GLOBAL FORCES & MOMENTS

| Point | Load | FORCES (N) | | | | |
|---------|------------------|-------------|-------|-------|--------|-------|
| MOMENTS | (N.m) | | | | | |
| name | combination | X | Y | Z | Result | X |
| Y | Z Result | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| A05 | Gravity{1} | 31 | 7021 | 0 | 7021 | 0 |
| 0 | -90 90 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -3522 | 0 | 3556 | |
| 0 | 0 3911 3911 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -249 | 0 | 250 | |
| 0 | 0 22 22 | | | | | |
| | User 1{1} | 9701 | -6801 | 0 | 11848 | |
| 0 | 0 -12411 12411 | | | | | |
| | User 2{1} | -225 | -4294 | 5991 | 7374 | |
| 1616 | -194 -1376 2132 | | | | | |
| | User 3{1} | 5598 | 3052 | 0 | 6376 | |
| 0 | 0 -26501 26501 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | 6772 | 0 | 6772 | |
| 0 | 0 -68 68 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | 3250 | 0 | 3296 | |
| 0 | 0 3843 3843 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | 10251 | -3551 | 0 | 10849 | |
| 0 | 0 -8568 8568 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 325 | -1044 | 5991 | 6090 | |
| 1616 | -194 2466 2955 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | 6148 | 6302 | 0 | 8804 | |
| 0 | 0 -22658 22658 | | | | | |
| A06 | - Gravity{1} | 31 | 6716 | 0 | 6716 | |
| 0 | 0 -129 129 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 494 | -3522 | 0 | 3556 | |
| 0 | 0 3279 3279 | | | | | |
| | Pressure 1{1} | 25 | -249 | 0 | 250 | |
| 0 | 0 -10 10 | | | | | |
| | User 1{1} | 11896 | -6801 | 0 | 13703 | |
| 0 | 0 -26224 26224 | | | | | |
| | User 2{1} | -225 | -4294 | 8156 | 9220 | |
| 10672 | -194 -1089 10729 | | | | | |
| | User 3{1} | 3470 | 3052 | 0 | 4621 | |
| 0 | 0 -32268 32268 | | | | | |
| | GP1{1} | 56 | 6467 | 0 | 6467 | |
| 0 | 0 -139 139 | | | | | |
| | GP1T1{1} | 550 | 2945 | 0 | 2996 | |
| 0 | 0 3140 3140 | | | | | |
| | GP1T1U1{1} | 12447 | -3856 | 0 | 13030 | |
| 0 | 0 -23084 23084 | | | | | |
| | GP1T1U2{1} | 325 | -1349 | 8156 | 8273 | |
| 10672 | -194 2051 10869 | | | | | |
| | GP1T1U3{1} | 4020 | 5997 | 0 | 7220 | |
| 0 | 0 -29129 29129 | | | | | |
| A06 | + Gravity{1} | 31 | 6716 | 0 | 6716 | |
| 0 | 0 -129 129 | | | | | |
| | Thermal 1{1} | 573 | -3522 | 0 | 3568 | |
| 0 | 0 3279 3279 | | | | | |

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

| Point | | Load | | FORCES (N) | | | | | |
|---------|---|---------------|--------|-------------|-------|------|--------|---|--|
| MOMENTS | | (N.m) | | | | | | | |
| name | | combination | | X | Y | Z | Result | X | |
| Y | | Z | Result | | | | | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| A07 | | Gravity{1} | | 31 | 5626 | 0 | 5626 | | |
| 0 | | 0 -270 | 270 | | | | | | |
| | | Thermal 1{1} | | 573 | -3522 | 0 | 3568 | | |
| 0 | | 0 658 | 658 | | | | | | |
| | | Pressure 1{1} | | -54 | -249 | 0 | 255 | | |
| 0 | | 0 236 | 236 | | | | | | |
| | | User 1{1} | | -4059 | -2450 | 0 | 4741 | | |
| 0 | | 0 6403 | 6403 | | | | | | |
| | | User 2{1} | | -624 | -1384 | -67 | 1520 | - | |
| 3491 | | -194 1767 | 3917 | | | | | | |
| | | User 3{1} | | -2802 | 3052 | 0 | 4143 | | |
| 0 | | 0 -33056 | 33056 | | | | | | |
| | | GP1{1} | | -23 | 5377 | 0 | 5377 | | |
| 0 | | 0 -34 | 34 | | | | | | |
| | | GP1T1{1} | | 550 | 1855 | 0 | 1935 | | |
| 0 | | 0 623 | 623 | | | | | | |
| | | GP1T1U1{1} | | -3509 | -595 | 0 | 3559 | | |
| 0 | | 0 7026 | 7026 | | | | | | |
| | | GP1T1U2{1} | | -74 | 471 | -67 | 481 | - | |
| 3491 | | -194 2390 | 4235 | | | | | | |
| | | GP1T1U3{1} | | -2252 | 4907 | 0 | 5399 | | |
| 0 | | 0 -32432 | 32432 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| A08 | - | Gravity{1} | | 31 | 4536 | 0 | 4536 | | |
| 0 | | 0 -412 | 412 | | | | | | |
| | | Thermal 1{1} | | 573 | -3522 | 0 | 3568 | | |
| 0 | | 0 -1964 | 1964 | | | | | | |
| | | Pressure 1{1} | | -54 | -249 | 0 | 255 | | |
| 0 | | 0 482 | 482 | | | | | | |
| | | User 1{1} | | 821 | -2450 | 0 | 2584 | | |
| 0 | | 0 13336 | 13336 | | | | | | |
| | | User 2{1} | | -624 | -1384 | 4727 | 4965 | | |
| 7630 | | -194 4622 | 8923 | | | | | | |
| | | User 3{1} | | -7503 | 3052 | 0 | 8100 | | |
| 0 | | 0 -9038 | 9038 | | | | | | |
| | | GP1{1} | | -23 | 4287 | 0 | 4287 | | |
| 0 | | 0 71 | 71 | | | | | | |
| | | GP1T1{1} | | 550 | 765 | 0 | 943 | | |
| 0 | | 0 -1893 | 1893 | | | | | | |
| | | GP1T1U1{1} | | 1371 | -1685 | 0 | 2172 | | |
| 0 | | 0 11443 | 11443 | | | | | | |
| | | GP1T1U2{1} | | -74 | -619 | 4727 | 4768 | | |
| 7630 | | -194 2729 | 8106 | | | | | | |
| | | GP1T1U3{1} | | -6953 | 3817 | 0 | 7932 | | |
| 0 | | 0 -10931 | 10931 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| A08 | + | Gravity{1} | | -289 | 4536 | 0 | 4545 | | |
| 0 | | 0 -412 | 412 | | | | | | |
| | | Thermal 1{1} | | 710 | -3561 | 0 | 3631 | | |
| 0 | | 0 -1964 | 1964 | | | | | | |

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

| Point | | Load | | FORCES (N) | | | |
|---------|---------------|--------|-------|-------------|-------|------|--------|
| MOMENTS | | (N.m) | | | | | |
| name | combination | | | X | Y | Z | Result |
| Y | Z | Result | | | | | X |
| ----- | | | | | | | |
| ----- | | | | | | | |
| A09 | Gravity{1} | | | -289 | 3502 | 0 | 3514 |
| 0 | 0 | 841 | 841 | | | | |
| | Thermal 1{1} | | | 710 | -3561 | 0 | 3631 |
| 0 | 0 | -5045 | 5045 | | | | |
| | Pressure 1{1} | | | 129 | -210 | 0 | 246 |
| 0 | 0 | -78 | 78 | | | | |
| | User 1{1} | | | 3009 | -2172 | 0 | 3711 |
| 0 | 0 | 7682 | 7682 | | | | |
| | User 2{1} | | | 814 | -522 | -528 | 1102 |
| 1844 | -194 | 1091 | 2151 | | | | - |
| | User 3{1} | | | -3868 | 4462 | 0 | 5906 |
| 0 | 0 | 680 | 680 | | | | |
| | GP1{1} | | | -160 | 3292 | 0 | 3296 |
| 0 | 0 | 763 | 763 | | | | |
| | GP1T1{1} | | | 550 | -269 | 0 | 613 |
| 0 | 0 | -4281 | 4281 | | | | |
| | GP1T1U1{1} | | | 3559 | -2441 | 0 | 4316 |
| 0 | 0 | 3401 | 3401 | | | | |
| | GP1T1U2{1} | | | 1364 | -791 | -528 | 1663 |
| 1844 | -194 | -3191 | 3690 | | | | - |
| | GP1T1U3{1} | | | -3318 | 4193 | 0 | 5347 |
| 0 | 0 | -3602 | 3602 | | | | |
| | | | | | | | |
| A10 N | Gravity{1} | | | -289 | 2567 | 0 | 2583 |
| 0 | 0 | 1973 | 1973 | | | | |
| | Thermal 1{1} | | | 710 | -3561 | 0 | 3631 |
| 0 | 0 | -7828 | 7828 | | | | |
| | Pressure 1{1} | | | 129 | -210 | 0 | 246 |
| 0 | 0 | -584 | 584 | | | | |
| | User 1{1} | | | 4407 | -2172 | 0 | 4913 |
| 0 | 0 | -7766 | 7766 | | | | |
| | User 2{1} | | | 814 | -522 | 819 | 1267 |
| 394 | -194 | -2099 | 2145 | | | | - |
| | User 3{1} | | | -5198 | 4462 | 0 | 6850 |
| 0 | 0 | 19318 | 19318 | | | | |
| | GP1{1} | | | -160 | 2357 | 0 | 2363 |
| 0 | 0 | 1389 | 1389 | | | | |
| | GP1T1{1} | | | 550 | -1204 | 0 | 1323 |
| 0 | 0 | -6439 | 6439 | | | | |
| | GP1T1U1{1} | | | 4957 | -3375 | 0 | 5997 |
| 0 | 0 | -14205 | 14205 | | | | |
| | GP1T1U2{1} | | | 1364 | -1726 | 819 | 2348 |
| 394 | -194 | -8538 | 8550 | | | | - |
| | GP1T1U3{1} | | | -4647 | 3259 | 0 | 5676 |
| 0 | 0 | 12879 | 12879 | | | | |

RESULT SUMMARY

Maximum Hoop stress ratio

Point : A03
Stress N/mm2 : 141
Allowable N/mm2 : 259,2
Ratio : 0.06
Load combination : Max P{1}

Maximum Longitudinal stress ratio

Point : A09
Stress N/mm2 : 200
Allowable N/mm2 : 288
Ratio : 0.26
Load combination : GRTP1+U1{1}

Maximum Combined stress ratio

Point : A09
Stress N/mm2 : 228
Allowable N/mm2 : 324
Ratio : 0.25
Load combination : GRTP1+U1{1}

LAMPIRAN C
DRAWING RISER CLAMP



BIODATA PENULIS



Ika Desita Sariningsih, biasanya dipanggil Ita lahir di Mojokerto, 4 Desember 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Menempuh pendidikan formal yaitu di SDN 1 Watukenonggo pada tahun 1999-2005, SMP Negeri 2 Pungging pada tahun 2005-2008, dan SMA Negeri 1 Mojosari pada tahun 2008-2011. Setelah lulus pada tahun 2011, ia mengikut SNMPTN Jalur Undangan dan diterima di Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS dan terdaftar dengan NRP. 4311100006. Penulis aktif di Himpunan Teknik kelautan serta beberapa Seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan dan Himpunan Jurusan Teknik Kelautan ITS. Pada periode 2012-2013, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan menjadi Staff dibidang akademik dalam Departemen Kesejahteraan Mahasiswa (Kesma), dan pada periode 2013-2014, menjadi Kepala Divisi (Kadiv) akademik Departemen Kesejahteraan Mahasiswa (Kesma) Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan. Buku Tugas Akhir berjudul “Analisa Tegangan Riser Clamp ULA Platform Milik PHE-ONWJ (Pertamina Hulu Energi-Offshore North West Java)” telah diselesaikan dalam 1 semester sebagai syarat akhir kelulusan pendidikan Strata 1, dimana permasalahan yang diangkat oleh penulis mendasar kepada salah satu bidang keahlian di Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS.